Revista Brasileira de Geociências 16(3): 301-305, setembro de 1986

NOVOS DADOS GEOCRONOLÓGICOS PARA ROCHAS CHARNOCKÍTICAS DA ASSOCIAÇÃO GUAXUPÉ, COMPLEXO VARGINHA

MARCOS AURÉLIO FARIAS DE OLIVEIRA*, KOJI KAWASHITA, YUSHIRO KIHARA** e JACQUES DELHAL*****

ABSTRACT Rb/Sr dating of granulites of charnockitic, sienitic, mangeritic, and enderbitic compositions from São José do Rio Pardo (São Paulo State) region, Varginha Complex, yielded late Proterozoic ages. Single outcrop whole rock isochrons indicated 650±40, 660±125 and 550±55 Ma, with $^{87}Sr/^{86}Sr$ initial ratios of 0.7078, 0.7093, and 0.7114, respectively. Field, petrographic and structural data indicate a complex evolution with anatexis and migmatite formation being the last important event, associated with the Brasilian ages, now determined. At this time, the hypersthene bearing rocks recrystallized, with the pyroxenes becoming relicts in a deformed matrix rich in perthitic microcline and plagioclase (oligoclase-andesine). Results of U-Pb age determinations in two zircon samples with an upper intercept of 780 Ma in a Concordia plot are also presented and discussed.

INTRODUÇÃO O objetivo do presente trabalho é a divulgação de numerosos dados geocronológicos obtidos nos últimos anos referentes a rochas granulíticas, migmatíticas e gnáissicas que constituem o arcabouço geológico da região de São José do Rio Pardo (Estado de São Paulo). Esta região é considerada pelos autores do Projeto Sapucaí (Cavalcante *et al.* 1979) como parte integrante do Complexo Varginha. Tectonicamente, Almeida *et al.* (1976) e posteriormente Wernick (1978) e Hasui *et al.* (1980) colocam-na dentro do Maciço de Guaxupé. Por fim Wernick *et al.* (1983) e Oliveira (1984) consideram-na como constituindo a associação Guaxupé, dentro do Complexo Varginha.

A petrogênese dos granulitos que ocorrem nessa área, bem como dos migmatitos que a eles se associam, é apresentada por Oliveira (1973), Oliveira & Alves (1974), Oliveira & Hypólito (1978) e Oliveira & Ruberti (1979, 1980). A análise dos trabalhos acima referidos, acrescidos de outros referentes a áreas adjacentes (Fiori *et al.* 1980, Wernick *et al.* 1981, Oliveira *et al.* 1983), permite concluir que a evolução geológica dessas rochas é complexa e envolve várias fases de deformação e metamorfismo.

Geologicamente, o que se observa são corpos, de dimensões centimétricas a quilométricas de rochas granulíticas (charnockítica *lato sensu*), sendo enderbitos, mangeritos e granulitos sieníticos os tipos mais comuns. Tais rochas ocorrem associadas a migmatitos cinzentos, gnaisses dioríticos e anfibolitos, todos envolvidos em migmatitos róseos com contatos transicionais. Um evento de migmatização *in situ*, resultante principalmente da anatexia parcial dos tipos quartzo-feldspáticos, afetou essa área e produziu tipos de estruturas variadas, predominando as estromatíticas, mas se destacando com freqüência as agmatíticas, *schollen* e ptigmáticas. Em muitos afloramentos, fases aplíticas e pegmatíticas finais chegam a se formar e são representadas por pequenos veios discordantes. Nos granulitos róseos, a textura e algumas feições mineralógicas (presença abundante de pertitas) acham-se preservadas, destacando-se, no entanto, a recristalização do feldspato potássico em microclínio. Observa-se também, em toda a área, certa distribuição em camadas, indicativa de que as diversas litologias se distribuem numa certa seqüência, com os vários tipos de granulitos, quartzitos, rochas cálcio-silicatadas e migmatitos cinzentos, que estiveram sob condições de metamorfismo de alto grau, sendo afetados por uma fase de deformação intensa, de baixo ângulo, que realça a estruturação bandada desse pacote litológico.

DADOS GEOCRONOLÓGICOS Em trabalho anterior (Oliveira 1973), são divulgadas datações geocronológicas referentes a essa área. Também no Projeto Sapucaí (Cavalcante *et al.* 1979) são apresentados alguns valores para regiões adjacentes. Essas determinações, baseadas principalmente no método K/Ar, revelam um evento termal importante que atingiu essas rochas há cerca de 600 Ma, ou seja, no Ciclo Brasiliano.

Os dados ora apresentados foram obtidos nos últimos anos pelos métodos Rb/Sr e U/Pb. São 20 determinações Rb/Sr que constam da tabela 1. A localização das amostras analisadas encontra-se na figura 1. Os resultados analíticos foram obtidos no Centro de Pesquisas Geocronológicas da Universidade de São Paulo e no Musée Royal de L'Afrique Centrale da Belgica. Os teores de Rb e Sr foram determinados por fluorescência de raios-X. Os métodos analíticos para o zircão acham-se descritos em Delhal & Demaiffe (1985). As figuras 2, 3, 4 e 5 representam isócronas construídas a partir de rochas semelhantes de um mesmo afloramento. Os cálculos foram feitos segundo York (1967) e Williamson (1968).

Nas figuras 2 e 3 tentou-se caracterizar a idade das rochas granulíticas e os valores obtidos foram de 650 a 660 Ma, respectivamente. As amostras analisadas correspondem a granulitos de caráter charnockítico, enderbítico, sienítico e mangerítico, conforme dados da tabela 2.

As amostras JD-184 A, B, C e D correspondem a hiperstênio granulitos charnockíticos, constituídos por quartzo, mesopertita, oligoclásio, restos de hiperstênio, diopsídio e hornblenda, e exibindo textura granoblástica-cataclástica. Essas rochas no afloramento gradam lateralmente para

* Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp. Campus de Rio Claro, Rua 10, n.º 2527, CEP 13500, Rio Claro, SP, Brasil
** Instituto de Geociências, USP, Caixa Postal 20899, CEP 01498, São Paulo, SP, Brasil
*** Musée Royal de L'Afrique Centrale, 1980, Tervuren, Bélgica

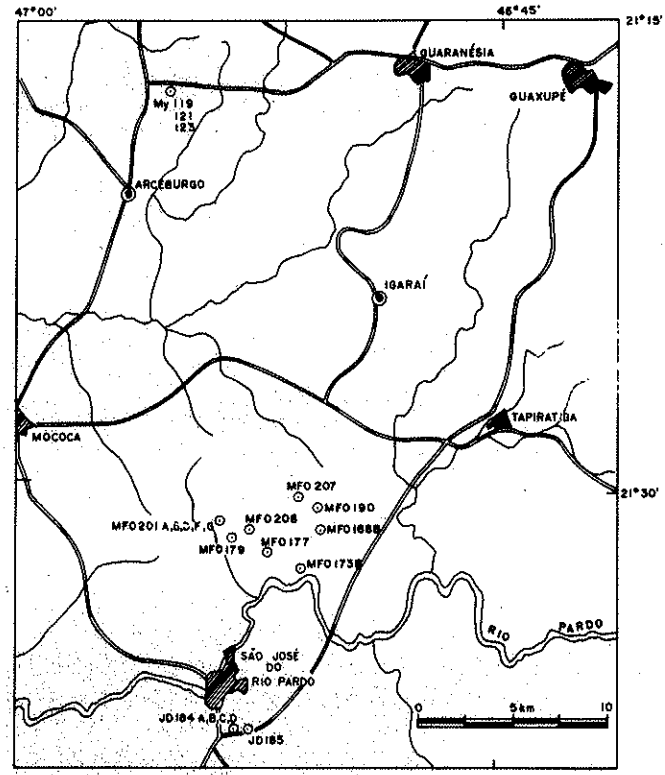


Figura 1 – Localização das amostras analisadas

hornblenda gnaisses róseos e acham-se associadas a tipos quartzo-feldspáticos róseos fortemente foliados. A amostra JD-185 pertence também ao mesmo afloramento e representa um enderbito, constituído por andesina, pertita (pouca), hiperstênio, diopsídio e hornblenda, principalmente (Fig. 2). Tal afloramento situa-se 1 km ao sul da cidade de São José do Rio Pardo no entroncamento para Guaxupé (Estado de Minas Gerais) (Fig. 1).

Tabela 1 – Resultados analíticos de Rb e Sr

SPR	Amostra	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Sr^{87}/Sr^{86}	Rb^{87}/Sr^{86}	Laboratório
542	JD-184-A	94,3	327,5	0,7159	0,83	(1)
430	JD-184-B	128,2	81,0	0,7501	4,60	(1)
543	JD-184-C	88,6	266,9	0,7165	0,96	(1)
544	JD-184-D	103,4	174,3	0,7257	1,72	(1)
545	JD-185	36,9	511,2	0,7097	0,210	(1)
–	MY-123	32,6	213,0	0,7152	0,443	(2)
–	MY-119	115,0	231,0	0,7222	1,443	(2)
–	MY-121	145,0	136,0	0,7359	3,094	(2)
374	MFO-201-A	62,4	338,1	0,7170	0,53	(1)
3515	MFO-201-B	53,8	340,7	0,7136	0,46	(1)
4530	MFO-201-D	57,1	341,6	0,7130	0,48	(1)
4531	MFO-201-F	93,5	257,2	0,7190	1,05	(1)
4532	MFO-201-G	106,2	286,2	0,7196	1,08	(1)
372	MFO-179	115,7	318,8	0,7169	1,05	(1)
276	MFO-177	52,9	510,4	0,7090	0,30	(1)
371	MFO-173-B	58,7	186,8	0,7226	0,92	(1)
5513	MFO-190	172,9	244,4	0,7320	2,05	(1)
375	MFO-206	82,6	498,2	0,7114	0,48	(1)
376	MFO-207	134,5	126,6	0,7405	3,09	* (1)
789	MFO-168-B	96,8	634,0	0,7118	0,44	(1)

(1) Centro de Pesquisas Geocronológicas, USP, Koji Kawashita
(2) Musée Royal de l'Afrique Centrale, Bélgica, J. Delhal

Nota: As determinações Rb^{87}/Sr^{86} foram feitas por fluorencência de raios-x com erro médio menor que 3%; e as Sr^{87}/Sr^{86} com erro de 0,20% em média.

Tabela 2 – Classificação petrográfica das amostras analisadas

Amostras	Classificação Petrográfica
JD-184 (A, B, C, D)	Hiperstênio gnaisse charnockítico
JD-185	Hiperstênio granulito enderbítico
MFO-206	Hiperstênio granulito mangerítico
MFO-173	Hiperstênio granulito sienítico
MFO-207	Hiperstênio granulito charnockítico
MFO-190	Hiperstênio granulito charnockítico (restos de hiperstênio)
MFO-201 (A, B, D, F, G)	Hiperstênio granulito sienítico
MFO-177	Hiperstênio granulito mangerítico
MY-123	Diopsídio granulito quartzo-sienítico
MY-121	Diopsídio-hornblenda granulito sienítico
MY-119	Diopsídio-hornblenda granulito sienítico
MFO-179	Biotita granulito ácido (retrometamórfico)
MFO-168-B	Hiperstênio granulito quartzo sienítico

A figura 3 foi construída com base em amostras do afloramento MFO-201 com tipos litológicos representados por hiperstênio granulitos de composição sienítica, ricos em mesopertitas, oligoclásio, clino e ortopiroxênio e com textura granoblástica. Feições de retrometamorfismo são comuns nessas rochas, observando-se, notadamente nos piroxênios, a passagem para filossilicatos verdes, biotita e clorita (Foto 1) e, nas pertitas, o aparecimento da geminação do microclínio. Embora participem cinco amostras co-genéticas, observa-se pela figura que estas equivalem a apenas 2 pontos, o que tornou a isócrona um tanto imprecisa.

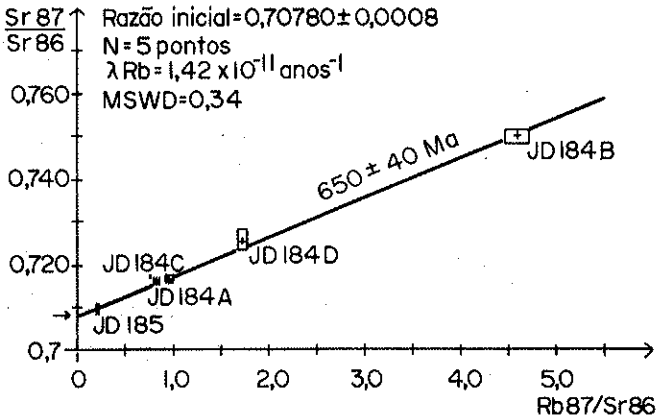


Figura 2 – Isócrona Rb/Sr referente ao hiperstênio gnaisse charnockítico (amostras JD-184 A, B, C, D) e granulito enderbítico (amostra JD-185)

As amostras MY-119, 121 e 123 ocorrem em uma pedreira a norte de Arceburgo (Fig. 1) e foram utilizadas para a construção da isócrona da figura 4, que revela a idade de 550±55 Ma. São também tipos de natureza granulítica ricos em mesopertita, nos quais se destacam raros grãos de clinopiroxênio corroídos e rodeados por hornblenda e também coroa de reação de plagioclásio sódico entre os cristais de mesopertita e oligoclásio (Foto 2). Podem ser classificados como granulitos sieníticos com textura granoblástica. Merece destaque nessas amostras a presença conspícua de zircão em cristais freqüentemente zonados.

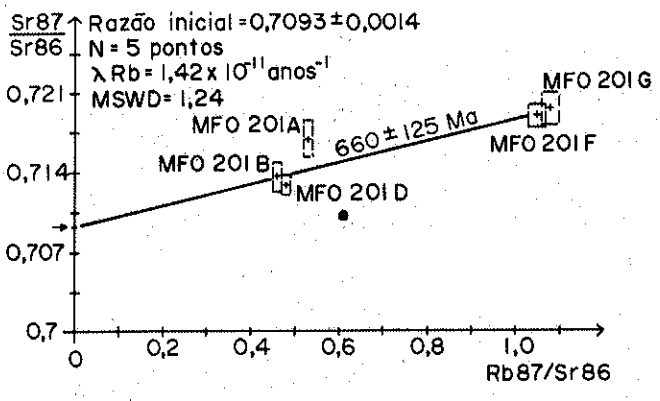


Figura 3 – Isócrona Rb/Sr referente ao hiperstênio granulito sienítico (amostras MFO-201 A, B, D, F, G)

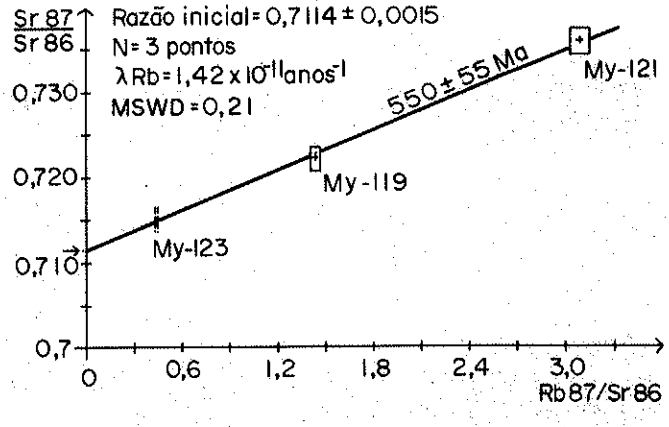
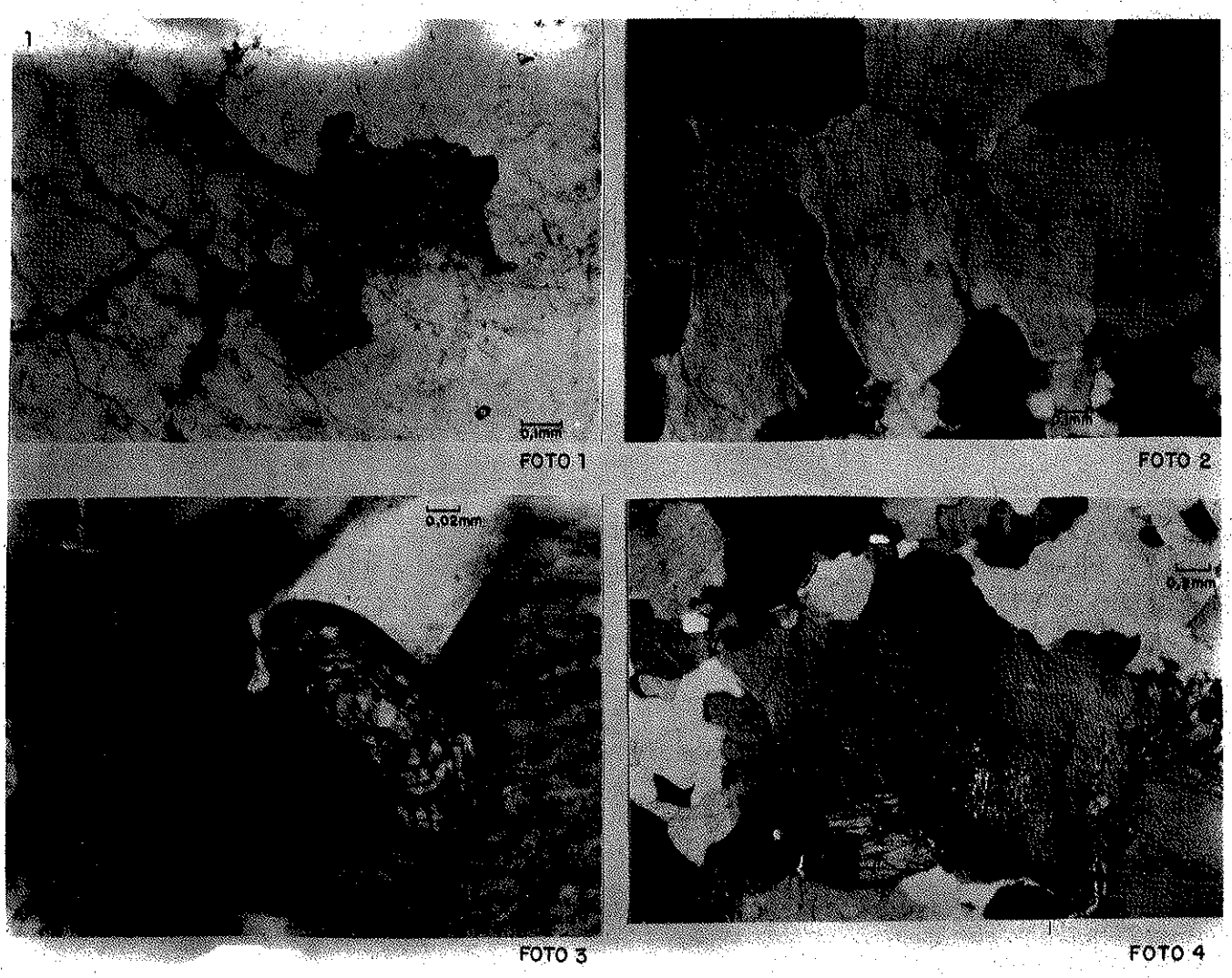


Figura 4 – Isócrona Rb/Sr referente a granulitos sieníticos e quartzo-sieníticos (amostras MY-119, 121 e 123)



Prancha 1 – Fotomicrografias - 1) *Cristais de hiperstênio fraturados e alterados em biotita, clorita e filossilicatos verdes, evidenciando retrometamorfismo. Amostra MFO-201A. Nicóis cruzados;* 2) *Mesopertita e plagioclásio separados por plagioclásio sódico recristalizado, que ocupa o contato entre eles. Amostra MY-119. Nicóis cruzados;* 3) *Cristal de zircão exibindo zoneamento. Amostra MY-121. Nicóis cruzados;* 4) *Porfiroclastos de mesopertita e ortopiroxênio em meio a matriz granoblástica. Amostra MFO-173B. Nicóis cruzados*

Tabela 3 – Resultados analíticos dos zircões estudados

Amostras	Concentração (ppm)			Composição Isotópica (%)				Idades Aparentes (Ma)		
	U	Pb_{tot}	Pb_{rad}	^{204}Pb	^{206}Pb	^{207}Pb	^{208}Pb	$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{238}U$	$^{207}Pb/^{235}U$
MY-121	369,6	39,5	41,4	0,0637	67,842	5,058	27,037	635 ± 5 0,06088	535 ± 5 0,08677	555 ± 5 0,72847
JD-184-A	163	17,8	17,3	0,039	77,380	5,348	17,233	667 ± 5 –	597 ± 12 0,0971	612 ± 4 0,8275
JD-184-B	207	20,72	20,25	0,031	77,830	5,266	16,873	670 ± 10 –	530 ± 11 0,0896	577 ± 13 0,7650

Constantes segundo Steiger & Jager (1977): $\lambda(^{238}U) = 1{,}55125 \times 10^{-10}\ a^{-1}$ e $\lambda(^{235}U) = 9{,}8485 \times 10^{-10}\ a^{-1}$ e $^{238}U/^{235}U = 137{,}88$.

O exame dos diagramas Rb/Sr revela que as razões iniciais são relativamente elevadas, principalmente para as amostras da figura 4, indicando possivelmente vida crustal prolongada para essas rochas. Algumas amostras, que não foram utilizadas na construção da isócrona (MFO-190, 173B e 207) caem acima da isócrona obtida na figura 2 como pode ser visto na figura 5. No entanto, amostras como MFO-206, 168B e 179, coletadas em afloramentos isolados, ajustam-se bem a essa isócrona.

Quanto às determinações U/Pb em zircões, elas se restringem a suas amostras, JD-184 e MY-121, sendo que, para a segunda, foi analisada somente uma fração. Os dados obtidos, no laboratório da Universidade Livre de Bruxelas, estão na tabela 3.

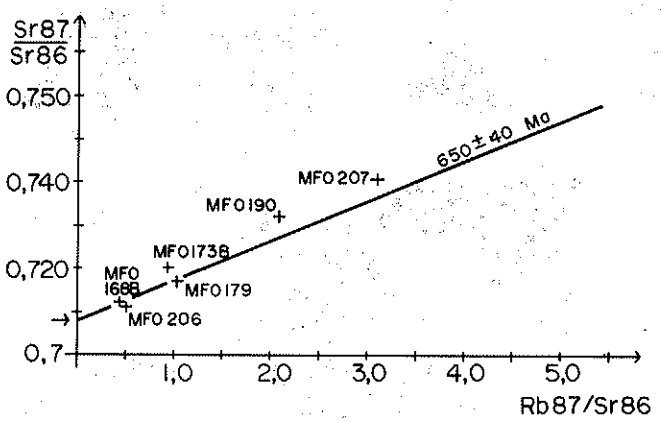


Figura 5 – Determinações isotópicas feitas em amostras coletadas em diversos pontos e projetadas juntamente com a isócrona na figura 2

Esses dados projetados no diagrama "Concórdia" (Fig. 6) revelam que a corda traçada pelos pontos intercepta a curva em 270 a 780 Ma, com imprecisão em vista do pequeno distanciamento entre os pontos. Teríamos assim uma idade de 780 Ma para os zircões em questão. Certamente um maior número de pontos e amostras deverá ter seus zircões analisados para que se possa ter um resultado realmente definitivo. Voltamos a ressaltar as características petrográficas dos zircões dessas rochas, que exibem nítido zoneamento e fazem com que seja necessário o exame de diversas frações para a obtenção de resultados satisfatórios (Foto 3). Deve-se observar, no entanto, que as idades Pb^{207}/Pb^{206} são bastante concordantes com a idade isocrônica de 650 Ma (Fig. 2). O intercepto inferior, sugerindo 270 Ma, não tem nenhum significado geológico, pois não há eventos desta idade no Brasil. A interpretação mais correta é a sugerida por Tilton (1960), que propõe: a perda de Pb poderia ser governada inteiramente por difusão contínua desse elemento durante toda a sua história.

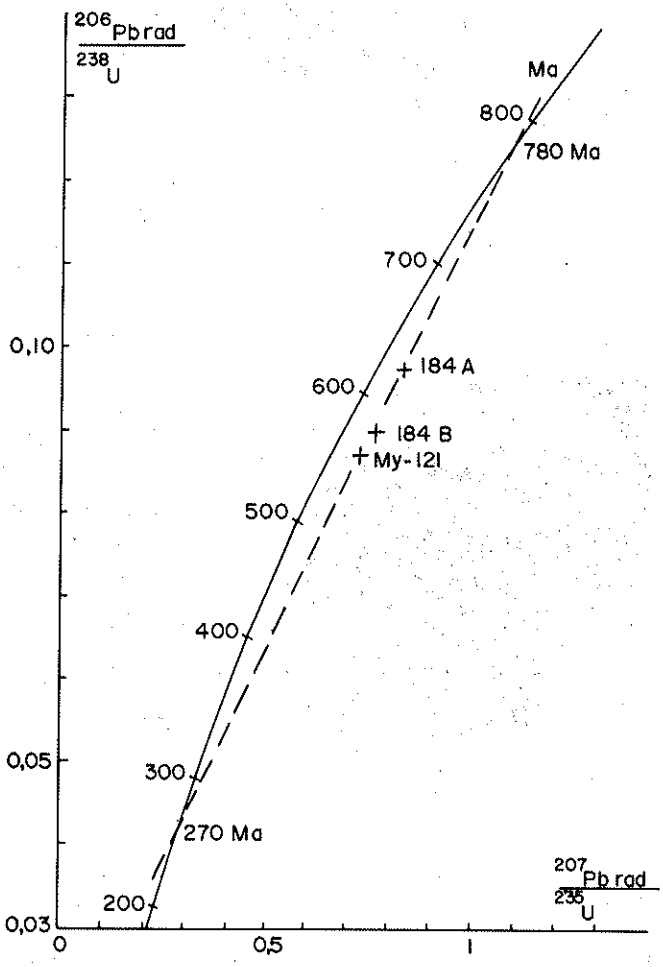


Figura 6 – Diagrama "Concórdia" relativo aos zircões

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS Os dados ora obtidos, apesar do erro relativamente grande de certas isócronas, evidenciam boa concordância, com valores em torno de 600 Ma, ou seja, relacionados ao Proterozóico Superior.

O exame desses resultados deve levar em conta, no entanto, as feições geológicas e petrográficas exibidas por essas rochas, indicativas de que os granulitos apresentam evolução complexa com mais de uma fase de deformação e recristalização superimpostas, além de efeitos retrometamórficos.

O estudo microscópico desse material evidencia a presença de porfiroclastos de feldspato alcalino, de plagioclásio ou de piroxênios, envoltos por matriz cataclástica recristalizada, com boa recuperação dos cristais de feldspato (Foto 4), que passam, entretanto, a assumir as estruturas triclínicas do microclínio (Oliveira *et al.* 1984).

Quanto ao valor de 780 Ma, fornecido pela análise dos zircões, plotados no diagrama "Concórdia", deve-se ressaltar a boa concordância com os resultados Rb/Sr ora determinados. É preciso destacar, porém, que o resultado é um tanto impreciso, considerando-se o pequeno número de pontos e o fato de esses minerais exibirem estruturas zonadas.

Assim sendo, com base nos dados de campo, petrográficos e estruturais e nos resultados geocronológicos que ora apresentamos, é possível supor uma evolução complexa para essa área, com anatexia e formação de migmatitos constituindo o último evento importante associado a idades brasilianas. Nessa época, as rochas com hiperstênio recristalizaram, com os piroxênios e as pertitas tornando-se porfiroclastos em meio a matriz deformada e recristalizada, rica em microclínio e plagioclásio (oligoclásio-andesina).

Agradecimentos Os autores expressam aqui seus agradecimentos ao CNPq pelo suporte financeiro que permitiu a execução da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. de; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B. - 1976 - The Upper Precambrian of South America. *Bol. IG.*, 7:45-80.

CAVALCANTE, J.C.; SILVA CUNHA H.C. da; CHIEREGATI, L.A.; KAEFER, L.Q.; ROCHA, J.M. da; DAITX, E.C.; NÓBREGA COUTINHO, M.G. da; YAMAMOTO, K.; DRUMOND, J.B.V.; ROSA, D.B.; RAMALHO, R. - 1979 - *Projeto Sapucaí.* DNPM, Geol. Bras. 2, Brasília, DNPM/DGM, 229 p.

DELHAL, J. & DEMAIFFE, D. - 1985 - U-Pb Archean geochronology of the São Francisco Craton (Eastern Brasil). *Rev. Bras. Geoc.*, 15(1):55-60.

FIORI, A.P.; WERNICK, E.; CHOUDHURI, A.; SOARES, P.C.; BETTENCOURT, J.C. - 1980 - Evolução geológica da parte SW do Estado de Minas Gerais. In:CONGR. BRAS. GEOL., 31, Camboriú, 1980. *Anais...*, Camboriú, SBG. v. 5, p. 2893-2905.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A. - 1980 - Estruturas e tectônica do Pré-Cambriano de São Paulo e Paraná. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, 52:61-76.

OLIVEIRA, M.A.F. de - 1973 - Petrologia das rochas metamórficas da região de São José do Rio Pardo, SP. *Rev. Bras. Geoc.*, 3(4): 257-279.

OLIVEIRA, M.A.F. de - 1984 - Considerações sobre a evolução geológica do Complexo Varginha. In:CONGR. BRAS. GEOL. 33, Rio de Janeiro, 1984. *Anais...*, Rio de Janeiro, SBG, v. 5, p. 2302-2304.

OLIVEIRA, M.A.F. de & ALVES, F.R. - 1974 - Geologia e petrologia da região de Caconde, SP. In:CONGR. BRAS. GEOL., 28, Porto Alegre, 1974. *Anais...*, Porto Alegre, SBG. v. 5, p. 133-143.

OLIVEIRA, M.A.F. de & HYPÓLITO, R. - 1978 - Ortopiroxênios e clinopiroxênios coexistentes nos granulitos de São José do Rio Pardo (SP). *Rev. Bras. Geoc.*, 8:249-261.

OLIVEIRA, M.A.F. de & RUBERTI, E. - 1979 - Granada cordierita gnaisses do Complexo granulítico-migmatítico de São José do Rio Pardo-Caconde (SP):indicações sobre pressão e temperatura de formação. *Boletim Mineralógico*, Soc. Min. Recife, 6: 15-29.

OLIVEIRA, M.A.F. de & RUBERTI, E. - 1980 - Composição química de escapolitas em associações calcossilicáticas precambrianas. In: CONGR. BRAS. GEOL., 31, Baln. Camboriú, 1980, *Anais...*, Baln. Camboriú, SBG. v. 4, p. 2176-2181.

OLIVEIRA, M.A.F. de; FRANCESCONI, R.; CORDEIRO, C.M.; INGLEZ, A.G.; OLIVEIRA, E.G.; SENA, C.A.S. - 1983 - Geologia da porção paulista das quadrículas de Caconde e Guaxupé. In:JORNADA SOBRE A CARTA GEOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO EM 1:50.000, 1, São Paulo, 1983. *Atas...*, Pró-Minério, p. 171-191.

OLIVEIRA, M.A.F. de; MORALES, N.; FÚLFARO, V.J. - 1984 - *Projeto Boa Vista.* Relatório Final. Convênio SICCT-Pró-Minério. Inst. Geoc. e Ciênc. Exatas, UNESP. Rio Claro (inédito). 85 p.

STEIGER, R.H. & JAGER, E. - 1977 - Sub-comission on Geochronology:convertion of the use of decay contacts in geo and cosmochronology. *Earth Planet. Sc. Letters*, 36:359-362.

TILTON, G.R. - 1960 - Volume diffusion as a mechanism for discordant lead ages. *J. Geophys. Res.*, 65:2933-2945.

YORK, D. - 1966 - Least squares fitting of a straight line. *Can. J. Phys.*, 44: 1079.

WERNICK, E. - 1978 - Contribuição à Geologia do Maciço de Guaxupé, SP. e MG. *An. Acad. bras. Ciênc.*, 50:338-352.

WERNICK, E.; ARTUR, A.C.; FIORI, A.P. - 1983 - Reavaliação dos dados geocronológicos da região nordeste do Estado de São Paulo e unidades equivalentes dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. In: SIMP. REG. GEOL., 3. Curitiba, 1983. *Atas...*, Curitiba, SBG. v. 1, p. 328-342.

WILLIAMSON, J.H. - 1968 - Least squares fitting of a straight line. *Can. J. Phys.*, 46: 1845.

MANUSCRITO
Recebido em 16 de junho de 1986
Revisão aceita em 23 de outubro de 1986