

Geoquímica de Maciços Graníticos da Região do Ribeira. Parte III: Considerações Petroológicas *

E. WERNICK e C. B. GOMES

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, Rio Claro e Instituto de
Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

(Com 10 figuras no texto)

INTRODUÇÃO

A geologia da região do Vale do Ribeira, área limítrofe entre os Estados de São Paulo e Paraná, tem sido estudada extensivamente no decorrer dos últimos anos, quer através de trabalhos regionais, quer de investigações específicas. As principais pesquisas realizadas na região, até 1973, encontram-se relacionadas em MELCHIER *et al.* (1973), enquanto que trabalhos mais recentes, abordando principalmente os aspectos químicos, geoquímicos e petrológicos das rochas graníticas presentes, são devidos a GOMES *et al.* (1973), LANDIM *et al.* (1974) e WERNICK e GOMES (1974).

No presente trabalho, os autores, com base em dados químicos previamente publicados, analisam o grau e a natureza do metassomatismo exibido pelas rochas graníticas dos maciços de Itioca e Três Córregos, estudam o comportamento de elementos traços nas suítes "magmáticas" e "metassomáticas", bem como especulam acerca da espessura do substrato crustal existente por ocasião de sua intrusão e, ainda, sobre as condições de oxidação existentes por ocasião da cristalização dessas massas graníticas.

Os dados químicos utilizados no presente trabalho, a metodologia empregada para a sua

obtenção, bem como a localização das amostras analisadas, estão contidos nos trabalhos de GOMES *et al.* (1975) e GOMES *et al.* (prelo). Para o caso específico dos corpos Itioca e Três Córregos, os autores dispuseram, respectivamente, de 41 e 26 análises químicas completas, reunindo elementos principais e traços.

GEOLOGIA GERAL

A região do vale do Ribeira é constituída essencialmente por rochas metamórficas e graníticas, com direção geral NE-SW, ao lado de sedimentos referíveis à Bacia do Paraná. Subordinadamente, ocorrem sedimentos e vulcanitos do Grupo Castro e da Formação Guaratubinhas, representantes do estágio molássico da orogênese brasileira ocorrida na região. Corpos alcalinos, de idade jurássico-cretácica, afloram esporadicamente na forma de "stocks" e diques, com dimensões variáveis (Fig. 1).

Entre os metamorfitos distinguem-se dois grupos: um referível ao Açungui s.s. e o outro correspondendo à Formação Setuva e Complexo Cristalino. O primeiro grupo achase representado por metassedimentos clásticos (finos e grosseiros), químicos e clasto-químicos, de baixo grau de metamorfismo, e mostrando numerosas e delgadas intercalações de anfibólitos e anfibólio xistos. O segundo com-

* Recebido em 24 de junho de 1976; credenciado por UMBERTO G. CORDANI.

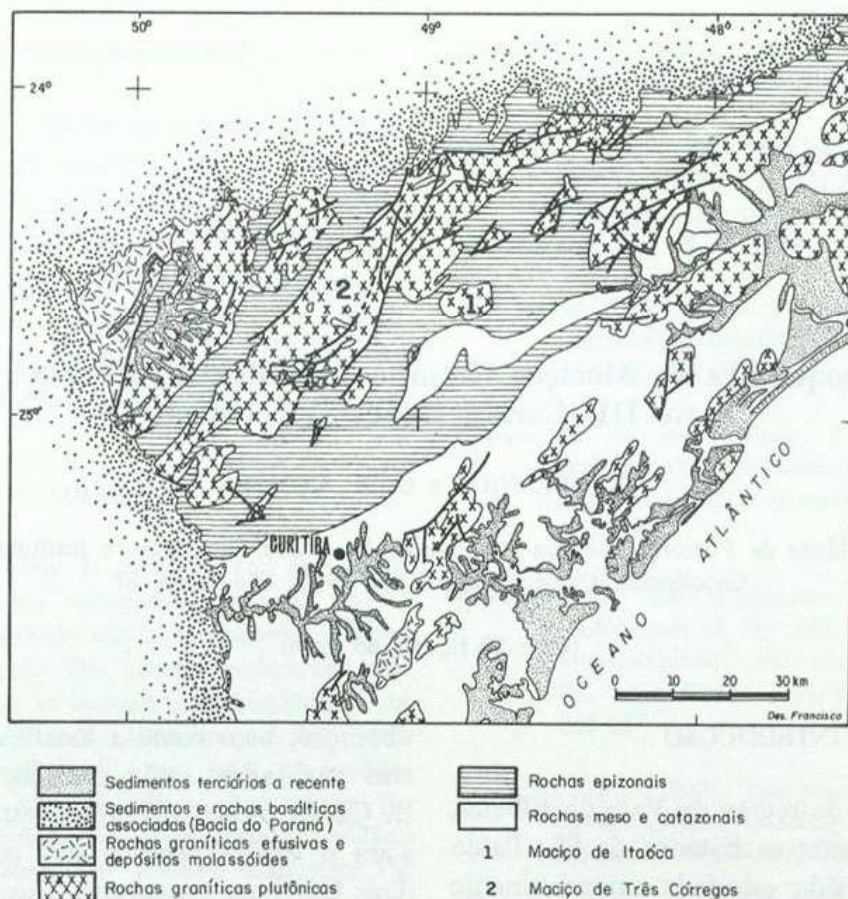


Fig. 1 — Mapa geológico simplificado da região do vale do Ribeira

preende rochas de médio a elevado grau de metamorfismo, tendo a composição de mica xistos, gnaisses e migmatitos, igualmente portadores de intercalações de anfibolitos. Os contatos entre os dois grupos litológicos são eminentemente tectônicos, sendo raros os locais onde são observáveis passagens gradativas entre filitos e xistos (MELCHER *et al.*, 1973).

As variedades graníticas, perfazendo cerca de 50% da área não recoberta por rochas sedimentares, acham-se representadas por uma associação de tipos plutônicos e hipoabissais, com composição variável de calco-alcalina a alcalina, incluindo granodioritos, adamellitos, granitos, granitos com tendência alcalina, granitos pórfiros, pegmatitos e aplitos. Os corpos formam batólitos, "stocks", satélites associados às intrusões maiores e jazimentos filonares. No tocante ao posicionamento tecto-orogênico, correspondem a corpos sin, tardi e pós-tectônicos, baseando-se a respectiva clas-

sificação em datações geocronológicas, quimismo, feições texturais e dados de campo (auréolas de contato, natureza dos contatos, associação com corpos filonares, relação estrutural com as encaixantes, estrutura interna dos maciços, etc.). À exceção dos granitos sintectônicos, raros, são corpos do tipo circunscrito. Estruturalmente, os grandes maciços graníticos, que podem atingir até 200 km de comprimento, possuem forma alongada na direção NE-SW, com contatos gerais paralelos às grandes estruturas regionais epimetamórficas, e ocupam o núcleo de anticlinórios. Não exibem deformações plásticas notáveis, à exceção de alinhamentos locais de seus constituintes junto às bordas dos corpos. Em alguns casos, foram reconhecidos sinais de esforços posteriores à fase principal de formação, evidenciados através de faixas de cataclasitos e milonitos, ao lado de frequentes contatos de natureza tectônica.

GRANITOS DE ITAOCA E TRÊS CÓRREGOS

MODO DE OCORRÊNCIA

Os corpos graníticos de Itaoca e Três Córregos ocorrem embutidos em rochas epimetamórficas do Grupo Açungui s.s., localmente representado por filitos, meta-arenitos, calcários, dolomitos e margas. Apresentam textura marcadamente porfiróide e composição variável de granito a granodiorito, predominando os termos adamellíticos. Dados geológicos, litológicos e químicos pertinentes a esses maciços são fornecidos por FUCHS *et al.* (1967), MELCHER (1968), MELCHER *et al.* (1973), GOMES *et al.* (1973), LANDIM *et al.* (1974) e WERNICK E GOMES (1974).

O Granito Itaoca, situado ao sul de Apiaí, e próximo à borda oriental do Granito Três Córregos, apresenta forma ovalada, algo irregular, no sentido NE-SE, medindo cerca de 12 por 20 km. O maciço notabiliza-se pela ocorrência, em sua auréola de contato, da jazida de chumbo de Pannels. Com feições estruturais, texturais, litológicas e geológicas semelhantes às do maciço de Três Córregos, o corpo de Itaoca exibe, entretanto, zoneamento (LANDIM *et al.*, 1974), com um núcleo granodiorítico e porção marginal granítica, mostrando o conjunto composição adamellítica (GOMES *et al.*, 1973).

O Granito Três Córregos possui forma alongada, com comprimento em torno de 200 km e largura de cerca de 30 km, e direção geral NE-SW, paralela à estrutura regional. Tanto a sua extremidade NE, quanto a SW, acham-se recobertas por sedimentos da Bacia do Paraná. Seu caráter intrusivo acha-se evidenciado por discordâncias estruturais locais, desenvolvimento de auréolas de contato, brechas de contato, irradiação de corpos filonares através das encaixantes, amarrotamento local das encaixantes nas zonas de contatos, alinhamento de minerais junto às bordas da intrusão e pela presença de numerosos xenólitos exibindo efeitos variáveis de assimilação; os dados de campo sugerem a existência de uma ativa tectônica de borda por ocasião de sua intrusão.

Por seus aspectos gerais, representados pela natureza intrusiva, caráter circunscrito, forma alongada, porém desprovida de estrutura interna orientada, e caráter alóctono, ambos os granitos podem ser considerados tardi-tectônicos, evento este que na região apresenta, segundo CORDANI E KAWASHITA (1971), idade de 610 ± 50 m.a.

CARACTERES PETROGRÁFICOS

Como definido previamente, tanto o Granito Itaoca, como o de Três Córregos, exibem textura porfiróide, caracterizada pela presença de uma matriz milimétrica hipidiomórfica granular cinza clara, na qual estão inseridas quantidades variáveis de megacristais predominantemente euhedrais de microclínio róseo, com dimensões médias entre 1 e 2 cm. Macroscopicamente, os megacristais exibem geminação de Carlsbad e pontuações escuras, representadas por inclusões de biotita. Mais raramente ostentam anel externo branco de albita, além de macropertita.

Ao microscópio, observam-se também, inclusões de quartzo arredondado e plagioclásio, muitas vezes com disposição regular, paralela às bordas externas dos cristais. São comuns as inclusões de plagioclásio exibindo bainha de albita. Devido principalmente ao teor irregular dos megacristais, a composição das rochas é variável, passando de granito a granodiorito. A matriz é composta de quartzo, microclínio e plagioclásio, com teores variáveis de biotita e/ou hornblenda, conferindo às rochas caráter ora leuco- ora mesocrático. O microclínio euhedral exibe geminação em grade, e ocorre tanto como grãos homogêneos, quanto formando micropertita com a presença de inclusões lamelares finas de albita com disposição subparalela. O plagioclásio, representado essencialmente por oligoclásio, mostra forte tendência ao idiomorfismo, zoneamento raro e geralmente geminação polissintética. Junto aos contatos com o microclínio, é comum o desenvolvimento de mirmequita. O quartzo, anedral e freqüentemente fraturado, exibe extinção ondulante e textura em

mosaico. A biotita, castanha e com forte pleocroísmo, ocorre ora isolada, ora associada à hornblenda verde, quer sob a forma de intercrescimento, quer desenvolvendo-se periféricamente ou nos planos de clivagem do anfíbólio. Comumente exibe inclusões de titanita, apatita, opacos, zircão e allanita. É o mineral ferromagnésiano dominante, ocorrendo subordinadamente hornblenda verde. Cloritização da biotita é mais ou menos comum, tendo lugar sobretudo nas bordas e ao longo das linhas de clivagem dos cristais. Pistacita e clinozoisita aparecem comumente associados ao plagioclásio e, mais raramente, junto à hornblenda, indicando nitidamente terem sido formados a expensas desses minerais. Sericitização é comum no microclínio e mais rara no oligoclásio. Ainda entre os minerais secundários, observa-se localmente a presença de carbonatos.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

GRAU E NATUREZA DO METASSOMATISMO

A ocorrência de fenômenos de transformação, através de processos metassomáticos de parte das rochas graníticas dos maciços Itaoca e Três Córregos, após a sua fase principal de cristalização, foi sugerida por WERNICK e GOMES (1974) e LANDIM *et al.* (1974).

Para fins de quantificação e caracterização do citado processo, recorreu-se ao diagrama iônico Na-Ca-K de RAFU e RAO (1972), de boa sensibilidade para a distinção entre rochas graníticas de origem magmática e metassomática. Os resultados obtidos constam das Figuras 2 e 3, com a área assinalada delimitando o campo das rochas magmáticas segundo aqueles autores. O exame da Figura 2 permite concluir que, para o maciço de

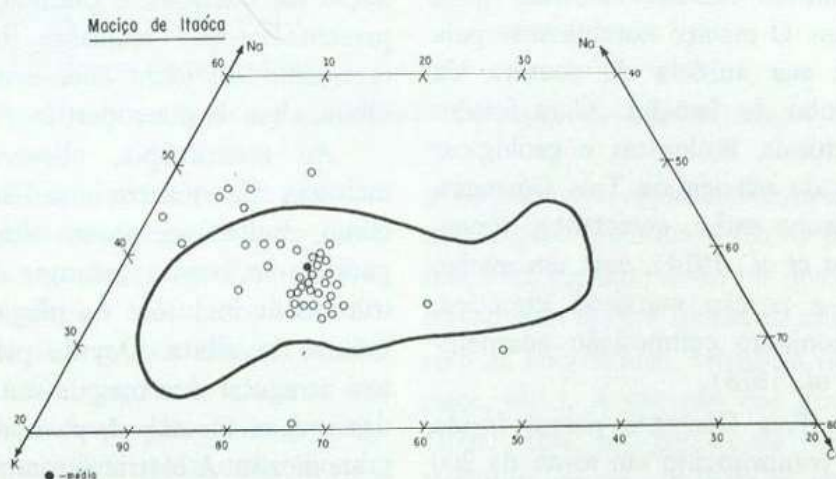


Fig. 2A — Diagrama iônico Na-Ca-K para o maciço de Itaoca

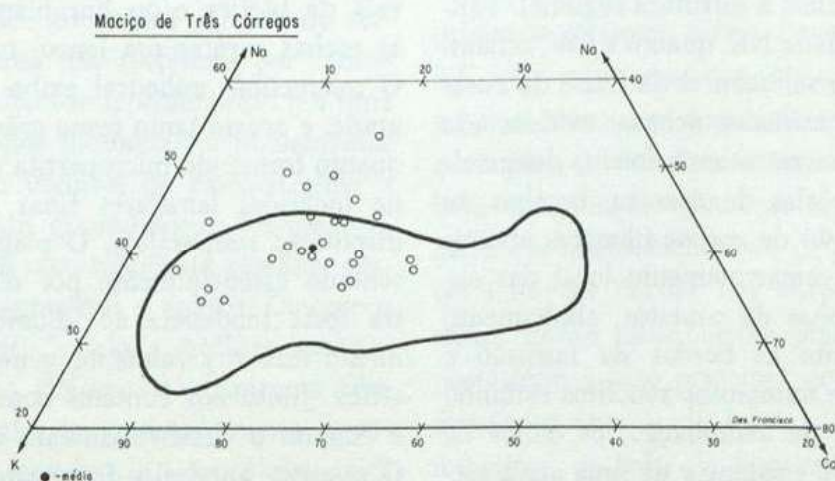


Fig. 2B — Diagrama iônico Na-Ca-K para o maciço de Três Córregos

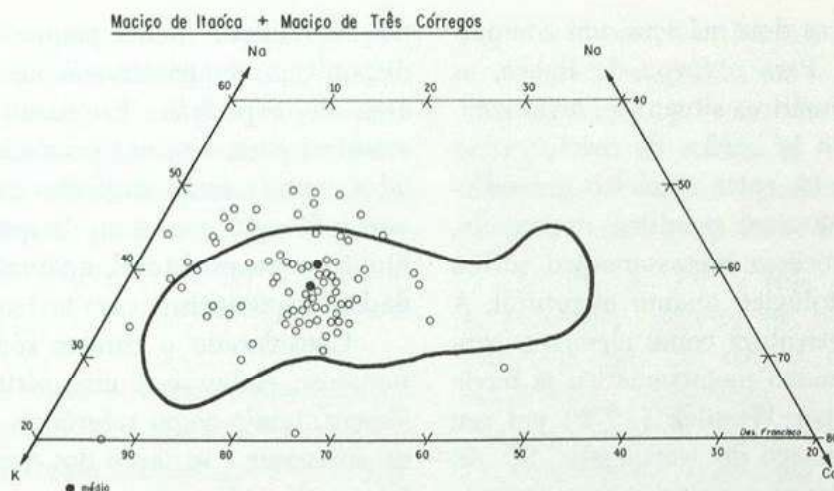


Fig. 3 - Diagrama iônico para os maciços de Itaoca e Três Córregos

Itaoca, 9 das 41 amostras disponíveis situam-se fora do campo magmático típico (Fig. 2A), ocorrendo o mesmo em relação a 7 das 26 amostras do maciço de Três Córregos (Fig. 2B). Tais dados correspondem, respectivamente, a 22 e 27% das amostras atípicas. Uma visão conjunta dos valores pertinentes aos dois maciços é fornecida pela Figura 3.

Por outro lado, a situação das amostras anômalas nos diagramas acima revela claramente que elas se caracterizam, predominantemente, por um maior conteúdo em sódio relativamente às demais situadas no campo magmático; nota-se, também, que, de modo geral, as amostras em questão não se distanciam consideravelmente do campo das rochas magmáticas. Tais fatos sugerem que 20 a 30% das rochas dos maciços de Itaoca e Três Córregos sofreram uma metassomatose sódica relativamente pouco intensa.

A esta fase genética, provavelmente estão associados os raros anéis de albita que circundam alguns megacristais de microclínio presentes nessas rochas, bem como os poucos casos de substituição de microclínio por albita, detectáveis na matriz através do exame petrográfico. Essas metassomatose parece corresponder a uma etapa tardia na evolução dos maciços graníticos, tendo sido caracterizada, entre outros, por PICADA (1967) junto às rochas do maciço de Encruzilhada, RS.

Nas Figuras 4 e 5, estão representadas as ocorrências de amostras graníticas atípicas,

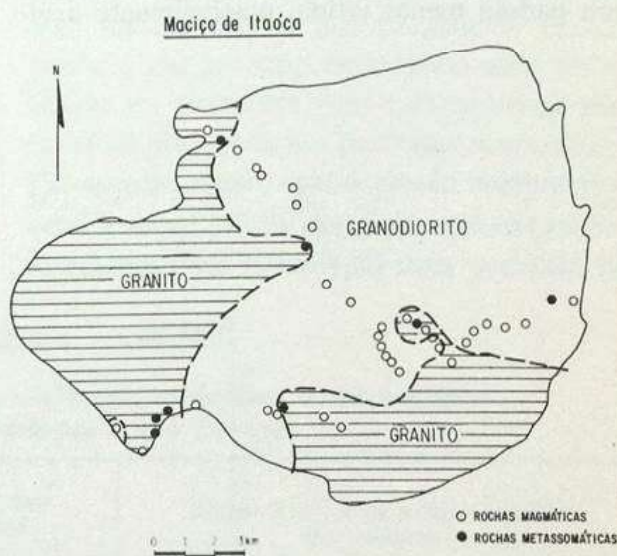


fig. 4 - Ocorrência das rochas metassomáticas no maciço Itaoca

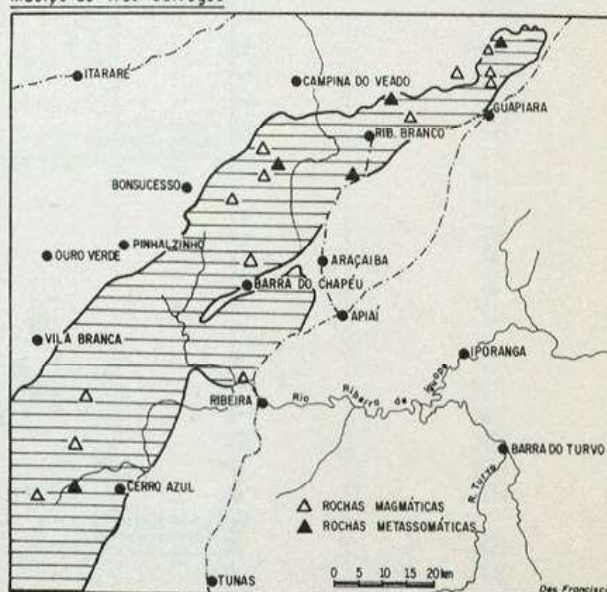


Fig. 5 - Ocorrência das rochas metassomáticas no maciço de Três Córregos

notando-se, para os dois maciços, um comportamento diverso. Para o corpo de Itaoca, as amostras metassomáticas situam-se, invariavelmente, quer junto às bordas do maciço, quer na zona de contato, entre o núcleo granodiorítico e a zona marginal granítica, denotando, assim, que o processo metassomático sofreu tanto controle litológico quanto estrutural. A importância da estrutura como elemento controlador de fenômeno metassomático já havia sido enfatizada por Wernick (1972) em seu estudo sobre o maciço de Morungaba, SP. Ao contrário do Itaoca, a ocorrência das amostras atípicas do maciço Três Córregos obedece a um padrão menos nítido, possivelmente devi-

do ao número muito pequeno de amostras disponíveis comparativamente à sua enorme área de exposição. Enquanto que algumas amostras situam-se nas proximidades dos contatos, outras estão dispersas no seu interior, sem indicação, portanto, de qualquer controle litológico ou estrutural, aparente ao nível dos dados disponíveis.

Considerado o caráter sódico da metasomatose, elaborou-se uma série de diagramas iônicos, tendo como referência o sódio, visando comparar a variação dos demais elementos, quer nas rochas normais, quer nas metassomáticas. Esses diagramas, exemplificados pelos gráficos reunindo Mg/Na e Sr/Na (Fig. 6),

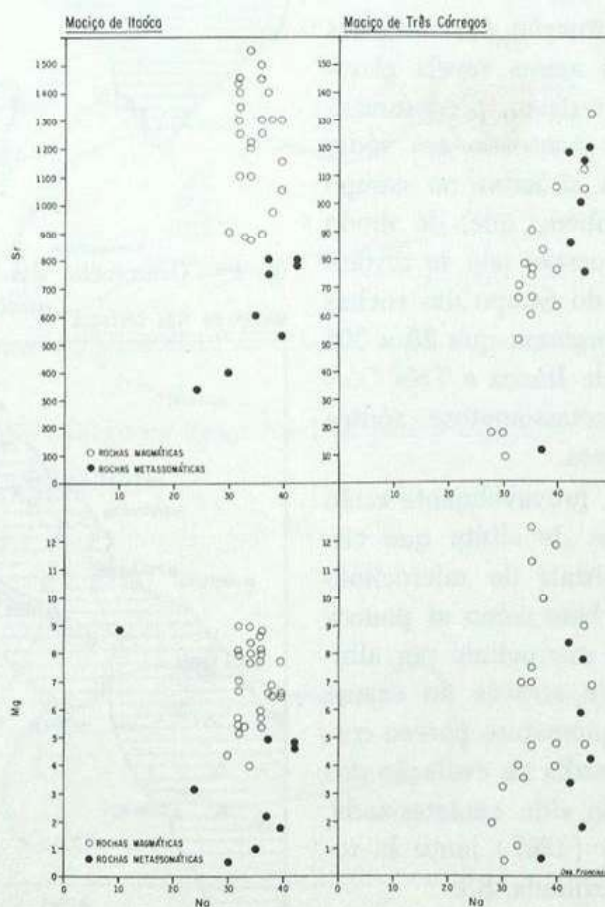


Fig. 6 — Diagrama Na/Mg e Na/Sr para os maciços de Itaoca e Três Córregos

revelam um comportamento diferencial para as rochas atípicas dos dois maciços. Enquanto no maciço de Itaoca as amostras metassomáticas apresentam-se agrupadas, destacando-se, assim, de forma nítida, daquelas situadas no campo magmático, junto ao Três Córregos verifica-se uma dispersão muito maior, tornando-se impossível uma distinção clara entre os dois grupos.

Tendo em vista o comportamento diferencial apresentado, as amostras normais e metassomáticas foram submetidas a uma análise de variância, precedida da aplicação do teste de Bartlett, que testa a homogeneidade quanto à variabilidade (padrão de distribuição) de dois ou mais grupos a serem comparados.

Os resultados revelaram que, para o maciço de Itaoca, apenas Si, Ti, Al, Fe^{3+} e P apresentam distribuição ou variabilidade similar, o mesmo não ocorrendo com Fe^{2+} , Mn,

Mg, Ca, Na e K (TABELA I). Comparando-se, através da análise de variância, as médias dos elementos apresentando características similares de distribuição, verifica-se que as mesmas são sempre significativamente distintas para os dois grupos de rochas.

O fato de Fe^{2+} , Mn, Mg, Ca Na e K apresentarem padrão de distribuição muito diferente para as rochas metassomáticas e magmáticas, impedindo assim a comparação estatística entre as suas médias, aliado ao fato de tratar-se de elementos comumente associados aos processos metassomáticos (entrada de Na e K, saída de Ca, Mg, Fe e Mn), parece indicar que o metassomatismo corresponde a um processo envolvendo uma distribuição de elementos com características distintas da observada nos processos magmáticos. Tal aspecto sugere que o estudo comparativo entre a variabilidade dos elementos nas rochas representa uma informação mais poderosa na

TABELA I

Distribuição e Concentração de Elementos em Rochas Magmaicas e Metassomáticas dos Maciços Graníticos de Itaoca e Três Córregos

ELEMENTO	Padrão de distribuição nas rochas magmaicas e metassomáticas (Teste de Bartlett)		Diferença entre os valores médios das análises	
	ITAOCA	TRÊS CÓRREGOS	ITAOCA	TRÊS CÓRREGOS
Si	I	I	S	NS
Ti	I	I	S	NS
Al	I	D	S	—
Fe^{3+}	I	I	S	NS
Fe^{2+}	D	D	—	—
Mn	D	I	—	NS
Mg	D	I	—	NS
Ca	D	I	—	NS
Na	D	I	—	S
K	D	I	—	S
P	I	I	S	NS
Cr	—	—	S	NS
Nb	I	I	S	NS
Ni	I	I	S	NS
Cu	I	I	NS	NS
Zn	D	I	—	NS
Zr	D	I	—	NS
Sr	I	D	NS	—
Ba	I	I	S	NS
Pb	I	I	S	NS
Rb	I	D	NS	—

OBSERVAÇÕES: I = igual; D = diferente; S = significativa; NS = não significativa.

distinção entre rochas graníticas magmáticas e metassomáticas antes que a comparação dos seus valores médios.

No que tange aos elementos traços, observa-se que a distribuição de Cr, Nb, Ni, Cu, Ba e Pb é a mesma para as rochas magmáticas e metassomáticas, com Zn e Zr correspondendo às únicas exceções. Por outro lado, o conteúdo desses elementos nos dois grupos rochosos, excluindo-se Cu, Sr e Rb, é sempre significativamente distinto.

Os resultados estão a indicar que, para o maciço de Três Córregos, as rochas normais e metassomáticas possuem a mesma variabilidade quanto aos elementos Si, Ti, Fe^{3+} , Mn, Mg, Ca, Na, K e P, variabilidade muito diferente em relação aos elementos Al e Fe^{2+} .

A análise comparativa das médias dos conjuntos exibindo o mesmo tipo de distribuição indica que apenas Na e K são significativamente diferentes, confirmando, assim, que

as rochas normais foram submetidas essencialmente a um metassomatismo sódico às custas do potássio (média de Na e K, respectivamente, maior e menor nas rochas metassomáticas em relação às magmáticas). No que concerne aos elementos traços, a distribuição do Nb, Ni, Cu, Zn, Zr, Ba e Pb nas rochas normais e metassomáticas obedece ao mesmo padrão, o que, no entanto, não é observado pelo Sr e Rb. Por outro lado, todos os elementos traços não apresentam valores médios significativamente distintos entre os dois grupos litológicos considerados, fato já apontado pela Figura 6 no tocante ao Sr. Esses dados parecem sugestivos de que o processo metassomático a que foram submetidas as rochas magmáticas originais foi de pequena intensidade, incapaz mesmo de, à exceção de Na e K, modificar de forma substancial o seu quimismo.

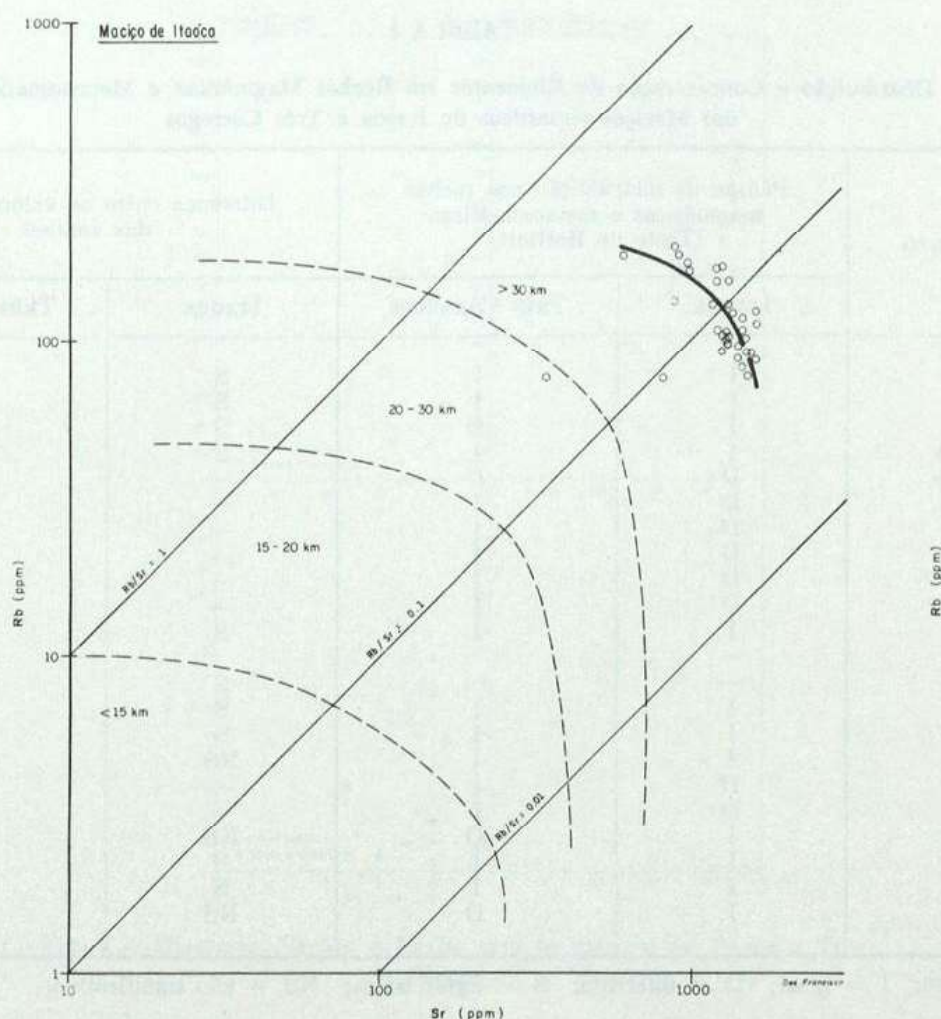


Fig. 7A — Gráfico Rb/Sr para o maciço Itaoca

PROPRIEDADE DE FORMAÇÃO DAS ROCHAS GRANÍTICAS

A avaliação da profundidade na qual possivelmente se originou o magma granítico dos maciços de Itaoca e Três Córregos foi feita a partir do gráfico de CONDIE (1973), que correlaciona a profundidade de formação com a relação Rb/Sr presente na rocha (Figs. 7A e 7B). Para a sua elaboração, foram excluídas as amostras metassomáticas. Ambos os gráficos mostram boa concordância, revelando uma origem do magma para profundidades superiores a 30 km, correspondendo, portanto, a pressões superiores a 9 Kb. Considerando-se que o metamorfismo na região em foco é de média pressão — como atestado pela presença de cianita em xistos, adjacentes aos maciços graníticos (MELCHER *et al.*, 1973) da Formação Setuva — o que corresponde, segundo

DEN TEX (1974), a um gradiente geotérmico entre 16 a 25° C/km, uma profundidade de 30 km equivaleria a temperaturas, respectivamente, de 480 e 750°C. As temperaturas superiores são suficientemente elevadas para provocar fusão parcial do embasamento crustal granítico, quer admitindo-se uma refusão em ambiente hidratado (WINKLER E VON PLATTEN, 1957-1962), quer sob condições anídras (BROWN E FYFE, 1970). As condições de pressão elevada reinantes por ocasião da gênese do magma granítico são confirmadas pela composição normativa média Q:Or:Ab para as rochas magmáticas dos maciços de Itaoca e Três Córregos, respectivamente, 19,1:31,2:49,7 e 16,4:34,1:49,5, onde se destacam teor normativo pequeno de quartzo e o alto conteúdo em albita. Tais dados coincidem grosseiramente para dados experimentais de fusões sob condições anídras a 10,5 Kb (Q:Or:

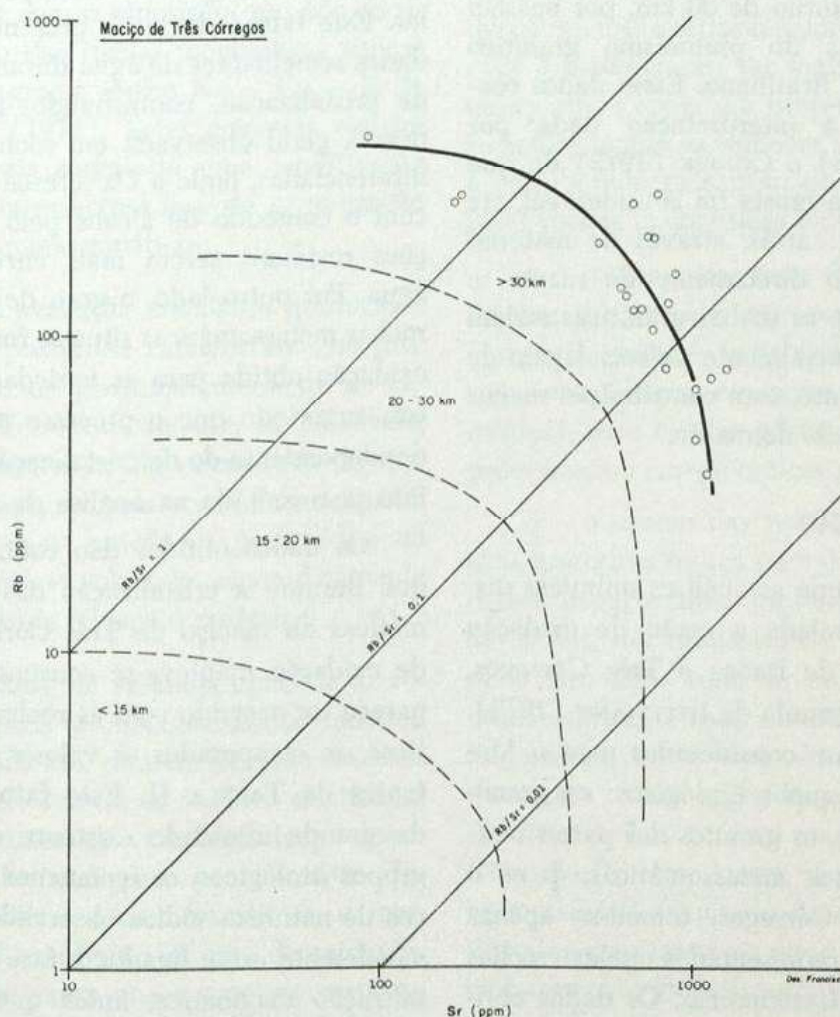


Fig. 7B — Diagrama Rb/Sr para o maciço Três Córregos

Ab = 23:24:53; BROWN e FYFE, 1970) e sob condições de 10 Kb de pressão de H₂O (Q:Or:Ab = 23:21:56; WINKLER, 1967). A principal diferença ligada ao baixo teor normativo de quartzo nas rochas graníticas dos maciços de Itaoca e Três Córregos possivelmente seja devido a uma substancial contribuição de material do manto na constituição do magma, fato sugerido por CORDANI e KAWASHITA (1971) em função da razão $Sr^{87}/Sr^{86} = 0,71$ apresentada por granitos tardi- e pós-tectônicos intrusivos do Grupo Açungui. Essa contribuição torna-se viável face à profundidade obtida através do diagrama Rb/Sr para a formação dos magmas em questão.

Por outro lado, os dados sugeridos pelo diagrama indicam que as rochas epimetamórficas do Grupo Açungui situavam-se sobre um substrato gnáissico-granítico de espessura considerável, em torno de 30 km, por ocasião das manifestações do plutonismo granítico referível ao Ciclo Brasileiro. Esses dados coadunam-se com a interpretação dada por ARMSTRONG (1968) e CONDIE (1972) de que o espessamento da crosta foi considerável, até cerca de 2,8 b.a. atrás, através de material granítico derivado diretamente do manto, e que após esta fase as rochas graníticas seriam provenientes essencialmente da reciclagem de material preexistente, com contribuição menor de material derivado do manto.

RAZÃO DE OXIDAÇÃO

Ainda utilizando as análises químicas disponíveis, foi calculada a razão de oxidação para os maciços de Itaoca e Três Córregos, recorrendo-se à fórmula de RITTMANN (1973). Para tal fim, foram considerados para o Maciço Itaoca três grupos litológicos: os granodioritos do núcleo, os granitos das partes marginais e as rochas metassomáticas; para o maciço de Três Córregos, tomou-se apenas dois conjuntos, representados pelas rochas magmáticas e metassomáticas. Os dados obtidos estão representados na Figura 8.

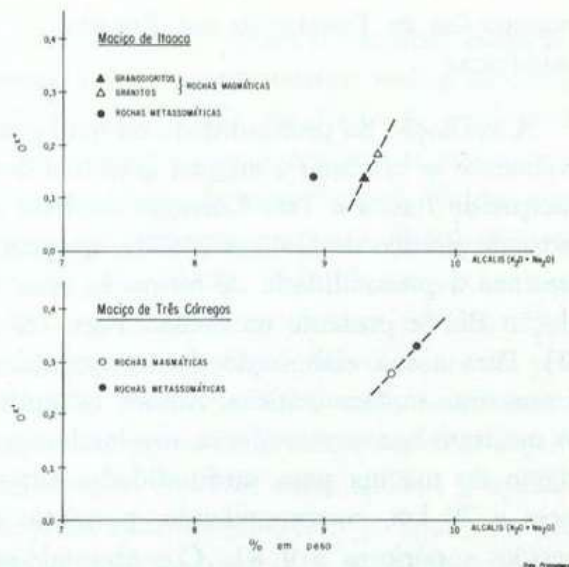


Fig. 8 — Gráfico da razão de oxidação para rochas graníticas dos maciços de Itaoca e Três Córregos

A interpretação dos dados evidencia que as variedades magmáticas do maciço de Itaoca exibem um grau de oxidação muito similar. Este fato é devido à presença de quantidades semelhantes de água durante o processo de cristalização, contrariando, assim, a tendência geral observada em rochas vulcânicas diferenciadas, onde o Ox° cresce normalmente com o conteúdo de álcalis pelo fato das frações residuais serem mais enriquecidas em água. Por outro lado, o grau de oxidação das rochas metassomáticas situa-se fora da linha de oxidação obtida para as variedades magmáticas, sugerindo que o processo metassomático é independente do de cristalização magmática, fato já ressaltado na análise de variância.

Os dados obtidos dão conta também de que durante a cristalização das rochas magmáticas do maciço de Três Córregos a razão de oxidação manteve-se constante. O mesmo parece ter ocorrido com as rochas metassomáticas, se comparados os valores médios constantes da TABELA II. Este fato é indicativo da grande afinidade existente entre os dois grupos litológicos, os fenômenos metassomáticos de natureza sódica observados muito provavelmente estão ligados à fase final de cristalização magmática, antes que a processos independentes posteriores.

TABELA II

Razão de Oxidação em Rochas Graníticas dos Maciços Itaoca e Três Córregos

ROCHAS	ITAOCA		TRÊS CÓRREGOS		
	Ox°	% Alc	ROCHAS	Ox°	% Alc
Granodioritos	0,14	9,25	Mágmatias Metassomáticas	0,28 0,33	9,51 9,68
Granitos	0,19	9,34			
Médias das mágmatias	0,18	9,33	Metassomáticas	0,28 0,33	9,51 9,68
Metassomáticas	0,13	8,87			

CONCLUSÕES

O exame e interpretação de dados químicos disponíveis para os maciços de Itaoca e Três Córregos, pertencentes à província granítica do vale do Ribeira, permite delinear as seguintes conclusões:

1. Ambos os maciços contêm cerca de 25% de rochas com composição que não se situa no campo das rochas mágmatias típicas dado pelo diagrama iônico Na — Ca — K de RAFU E RAO (1972). Estas amostras exibem feições texturais sugerindo uma modificação posterior à sua principal fase de cristalização de processos metassomáticos;

2. Uma avaliação dos dados químicos e petrográficos possibilita caracterizar esse processo como sendo predominantemente de caráter sódico. Petrograficamente, ele se revela, quer pela substituição do microclínio da matriz por albita, quer pela ocorrência deste último mineral, nas variedades porfiróides, na forma de anéis envolvendo esporadicamente os megacristais de feldspato potássico;

3. a análise de variância aplicada às rochas mágmatias e metassomáticas mostrou um comportamento diferencial para os dois maciços. No de Itaoca, as análises estatísticas revelaram padrões de variabilidade predominantemente distintas para os elementos das rochas mágmatias e metassomáticas, o mesmo ocorrendo em relação ao grau de oxidação. Esses dados sugerem que o processo metassomático é algo mais tardio, já desvinculado das

fases finais de cristalização mágmatia. Entretanto, não chegou a modificar substancialmente o padrão de distribuição dos elementos traços, essencialmente similar em ambos os grupos litológicos. No corpo de Três Córregos, o padrão de distribuição entre os dois grupos litológicos é essencialmente o mesmo acompanhado por diferenças significativas dos valores médios de Na e K. Esses dados sugerem que o metassomatismo guarda relação direta com a cristalização do magma, podendo ser interpretado como um processo de autometassomatose ligado às soluções residuais. Tal fato é corroborado pelo grau de oxidação exibido pelas rochas mágmatias e metassomáticas;

4. o comportamento diferencial apontado acima sugere que o processo metassomático apresenta grande variabilidade, iniciando-se com uma filiação eminentemente mágmatia residual, para evoluir posteriormente para um processo com características particulares.

5. o exame das relações Rb/Sr das rochas graníticas indica para o magma formador desses maciços uma profundidade da ordem de 30 km, sob condições de pressão em torno de 9 Kb. Este valor favorece o modelo de origem mista, refusão de material crustal com importante contribuição de material derivado do manto, como sugerido pela análise da razão inicial Sr^{86}/Sr^{87} , para rochas graníticas do Cinturão Ribeira. Atesta, ainda, que as rochas epimetamórficas nas quais os granitos foram introduzidos jaziam na oportunidade sobre um embasamento gnáissico-granítico com espessura considerável.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PROF. DR. P. M. B. LANDIM por sua contribuição na análise de variância e discussões estimulantes.

RESUMO

Dados químicos dos maciços graníticos de Itaoca e Três Córregos foram submetidos à análise de variância. Com base nos resultados, os autores concluem que cerca de 30% das amostras estudadas apresentam sinais variáveis de metassomatismo sódico. Os dados sugerem também que esse fenômeno, na sua fase inicial, possui filiação magmática residual, evoluindo posteriormente para um processo mais independente, com particular distribuição dos elementos químicos. Dados petrográficos, aliados ao grau de oxidação das rochas graníticas, servem para corroborar tais conclusões. A partir da relação Rb/Sr, concluiu-se que a gênese das rochas graníticas ocorreu em profundidades superiores a 30 km, o que favorece a hipótese da contribuição de material do manto na sua formação como sugerido pelos dados geocronológicos disponíveis.

SUMMARY

Chemical data from the Itaoca and Três Córregos granitic massifs (State of São Paulo and Paraná) have been submitted to variance analysis. From the analytical results it can be inferred that about 30% of the samples were affected by a more or less intensive soda metasomatism. At the initial stage, the phenomenon has a strong late magmatic filiation (auto-metasomatism) but later on shows a tendency to a more independent process characterized by a particular distribution of the chemical elements.

These conclusions are supported by petrographic and degree of oxidation data. Based on the Rb/Sr relation, the authors concluded that the genesis of the granitic magma have taken place at depths more than 30 km. These results favour the hypothesis of a substantial contribution of mantle derived material during the formation of the magma as suggested by radiometric data Sr^{86}/Sr^{87} of the regional granitic rocks.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, R. L., (1968), A model for the evolution of strontium and lead isotopes in a dynamic earth. *Rev. Geophys.*, 6: 175-199.

BROWN, G. C. & FYFE, W. S., (1970), The production of granitic melts during ultrametamorphism. *Contr. Mineral. Petrol.*, 28: 310-318.

CONDIE, K. C., (1973), Archean magmatism and crustal thickening. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 84: 2981-2992.

CORDANI, U. G. & KAWASHITA, K., (1971), Estudo geocronológico pelo método Rb/Sr de rochas graníticas intrusivas no Grupo Açungui. *Anais XXV Congr. Bras. Geol.*, 1: 105-110.

DEN TEX, E., (1971), The facies groups and facies series of metamorphism and their relation to physical condition in the earth's crust. *Lithos.*, 4: 23-41.

FUCK, R. A., MARINI, O. J. & TREIN, E., (1967), Contribuição ao estudo das rochas graníticas do Estado do Paraná. *Bol. Paranaense Geoc.*, 23 a 25: 183-219.

GOMES, C. B., ARRUDA, J. R., BERENHOLC, M. & HYPÓLITO, R., (1973), Quimismo de rochas graníticas da região do Vale do Ribeira. *XXVII Congr. Bras. Geol.*, Resumo Comunicações, p. 73.

GOMES, C. B., ARRUDA, J. R., BERENHOLC, M. & HYPÓLITO, R., (1975), Geoquímica de maciços graníticos da região do Ribeira. Parte I: Elementos principais. *An. Acad. brasil. Ciênc.*, 47: 113-130.

GOMES, C. B., ARRUDA, J. R., BERENHOLC, M. & HYPÓLITO, (no prelo), Geoquímica de maciços graníticos da região do Ribeira. Parte II: Elementos Traços. *An. Acad. brasil. Ciênc.*

LANDIM, P. M. B., GOMES, C. B., ARRUDA, J. R. & FÚLFARO, V. J., (1975), Análise de agrupamentos aplicada ao estudo geoquímico do granito Itaoca. *XXVIII Congr. Bras. Geol.*, Resumo Comunicações: 269-270.

MELCHER, G. C., (1968), *Contribuição ao conhecimento do distrito mineral do Ribeira de Iguape, Estados de São Paulo e Paraná*. Tese de Livre-Docência. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo (inédito).

MELCHER, G. C., GOMES, C. B., CORDANI, U. G., BETTENCOURT, J. S., DAMASCENO, E. C.,

- GIRARDI, V. A. V. & MELFI, A. J., (1973), Geologia e petrologia das rochas metamórficas e graníticas associadas do Vale do Ribeira de Iguape, SP e PR. *Rev. Bras. Geoc.*, 3: 97-123.
- PICADA, R. S., (1967), Estudos preliminares sobre a evolução geoquímica e mineralógica do maciço granítico Encruzilhada. *Esc. Geologia U.F.R.G.S., Publ. Espec.*, 14.
- RAFU, R. D. & RAO, J. S. R., (1972), Chemical distinction between replacement and magmatic granitic rocks. *Contr. Mineral. Petrol.*, 35: 169-172.
- RITTMANN, A., (1973), *Stable mineral assemblages of igneous rocks*. Springer Verlag, New York.
- WERNICK, E., (1972), A geologia do maciço granítico de Morungaba Leste do Estado de São Paulo. *Escola Engenharia São Carlos, USP, Boletim Geologia*, 16.
- WERNICK, E. & GOMES, C. B., (1974), Granitos e metamorfismo no Vale do Rio Ribeira de Iguape, SP e PR. *Anais XXVIII Congr. Bras. Geol.*, 5: 145-154.
- WINKLER, H. G. F. & PLATEN, H. IRON, (1957 a 1962), Experimentelle Gesteinsmetamorphose I - VI *Geochim. Cosmochim. Acta* 13 (1957); 15: 91 - 112 (1958); 18: 294 - 316 (1960); 24: 48 - 69 e 250 - 259 (1961); 26: 145 - 180 (1962).
- WINKLER, H. G. F., (1967), *Die Genese der Metamorphen Gesteine*. Springer Verlag, New York, 2nd Ed.