ASPECTOS PETROLÓGICOS DO COMPLEXO GRANÍTICO SOCORRO (SP/MG): DADOS ANALÍTICOS E DISCUSSÃO PRELIMINAR

EBERHARD WERNICK*, PAUL K. HORMANN**, ANTONIO CARLOS ARTUR* e HANS EULERT**

ABSTRACT Chemical data concerning 30 rock analysis from the granitic Socorro Complex (State of São Paulo and Minas Gerais) are presented together with a preliminary interpretation. The data are compatible with the main lithochemical characteristics of the I-type granites and Magnetite-type granites. However, the genetic interpretation based on geological, petrographic and chemical features shows that the Socorro Complex magma is the result of a mantle-crust interaction resulting in a hybrid character, intermediate between true crustal and pure mantle derived granites. In this way the I-type granite must be no longer considered as a simple product of fusion of deep seated orthogneisses as advocated by several authors.

INTRODUÇÃO Sob o aspecto genético os granitóides podem ser agrupados, numa primeira aproximação, em três grandes categorias (e.g. Wernick 1982 a): 1 – Granitos derivados da crosta por processos anatéticos (fusão parcial) que age sobre seqüências ortometamórficas, parametamórficas ou mistas e que constituem, via de regra, corpos autóctones a alóctones, aluminosos a peraluminosos, equigranulares ou porfiróides e de espectro composicional relativamente restrito. São portadores de enclaves representados por restitos da anatexia; 2 – Granitos mistos ou híbridos que resultam da interação manto/crosta (Pupin 1980). Constituem corpos alóctones, calco-alcalinos, equigranulares ou porfiróides, com teores baixos a elevados de K_2O e com amplo espectro composicional que evidencia diferenciação magmática acentuada (Wernick 1979). São portadores de enclaves microgranulares de textura magmática, composição básica a intermediária e de granulação fina. Nesta categoria distinguem-se 3 linhagens principais: uma cinzenta, outra rósea e outra charnockítica (Wernick 1982 a, b); 3 – Granitos derivados do manto. Inclui-se aqui não só os plagiogranitos toleíticos oceânicos (Coleman 1977) e continentais (estes representados por granófiros) mas também granitos alcalinos.

No presente trabalho os autores apresentam e interpretam preliminarmente dados referentes a 30 análises químicas da porção ocidental do Complexo Socorro (SP/MG), que por suas características geológicas pode ser enquadrado na linhagem rósea da categoria dos granitos híbridos.

DESCRIÇÃO GEOLÓGICA O Complexo Socorro é um corpo polidiapírico encaixado em rochas referíveis aos grupos Amparo e Pinhal (Wernick & Penhalva 1978, 1980a,b), constituído por rochas porfiróides e equigranulares róseas com fácies marginais charnockíticas (Wernick 1967; Wernick & Penhalva 1974), que gradacionam para termos graníticos normais quimicamente equivalentes (Wernick & Didier, em preparação). Seus contatos são tanto intrusivos quando tectônicos, por falhas e sua área de exposição é da ordem de 5 mil km^2 (Fiori *et al.* 1978, figura 1). Em

termos de estruturação interna o Complexo Socorro guarda semelhanças com o Maciço de Morungaba (Wernick 1972) e com o Maciço de Jaguariuna.

Figura 1 – Localização de amostras, na borda ocidental do Complexo Socorro.

A coleta das amostras restringiu-se à porção ocidental do complexo, ao longo do perfil Socorro-Munhoz-Pedra

* Departamento de Mineralogia e Recursos Minerais, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP – Campus de Rio Claro, Caixa Postal 178, CEP 13500, Rio Claro, SP, Brasil.

** Mineralogisches und Petrographisches Institut und Museum, Universidade de Kiel, R.F.A.

Tabela 1 – Análises Químicas de rochas do Complexo Socorro (% em peso para óxidos e em ppm para elementos menores e traços)

	S22	S5	S30	S19	S29	S11	S23	S28	S24	S8	S26	S17	S9	S13	S4
SiO ₂	51,70	53,01	58,32	57,49	58,32	58,36	59,47	61,42	62,66	63,15	63,42	63,74	63,82	64,20	64,88
Al ₂ O ₃	17,75	17,76	15,38	16,79	15,38	17,13	16,03	16,71	15,08	15,78	15,87	15,46	16,19	15,21	15,39
TiO ₂	2,08	1,96	1,48	1,66	1,48	1,25	1,10	1,26	0,85	1,22	1,16	1,16	1,14	1,09	0,96
Fe ₂ O ₃	11,85	8,75	8,97	7,04	8,97	6,54	5,75	6,71	4,46	6,29	5,95	5,58	5,50	5,23	4,95
MgO	4,64	3,38	4,33	2,67	4,33	2,08	1,99	2,56	1,63	2,41	2,05	2,04	2,05	2,02	1,62
CaO	8,90	6,86	5,65	5,13	5,65	4,41	4,07	4,57	3,17	4,03	4,20	4,07	3,86	4,26	3,39
Na ₂ O	2,77	4,00	3,19	3,30	3,19	3,52	3,40	3,69	3,26	3,44	3,15	3,13	3,37	3,18	3,17
K ₂ O	0,99	2,61	2,52	4,34	2,52	4,95	4,30	2,90	5,00	3,94	4,18	3,76	4,33	3,22	4,63
P ₂ O ₅	0,47	0,59	0,37	0,63	0,37	0,43	0,35	0,38	0,27	0,39	0,34	0,33	0,35	0,30	0,28
MnO	0,14	0,12	0,13	0,07	0,13	0,08	0,07	0,09	0,06	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07
V	310	91	181	148	178	114	95	128	72	111	110	89	95	98	72
Nb	17	27	26	16	20	24	19	24	20	22	27	24	20	20	18
Sc	20	17	15	12	16	23	11	13	9	9	10	11	9	10	9
Zr	30	26	85	26	59	62	47	55	67	84	72	170	72	70	82
Sr	754	751	822	1636	598	911	823	685	720	637	774	679	730	641	589
Ba	503	945	1083	2456	712	2217	1682	1143	1539	1121	1509	1182	1522	1271	1112
Rb	46	79	78	119	123	131	121	142	161	166	134	142	143	122	157
Cr	11	17	6	27	134	25	21	22	25	37	22	22	31	25	9
S	857	822	1059	1121	694	388	445	403	275	413	408	38	280	299	201
La	40	91	94	74	62	40	90	75	67	44	74	71	36	72	61
Y	20	35	36	21	34	29	26	28	18	22	29	54	23	46	21
Yb	0,7	3,8	3,7	1,0	2,8	2,2	1,9	2,2	1,5	2,2	2,7	4,6	1,8	2,2	1,7
NORMA CIPW															
Qz	1,4	—	3,2	5,1	8,1	4,2	9,8	12,2	14,4	13,5	14,7	17,4	14,1	19,6	17,2
Or	5,8	15,7	16,8	26,1	15,0	29,8	26,5	17,2	30,8	23,3	24,7	22,5	25,6	19,4	27,7
Ab	23,4	34,5	32,6	28,4	27,1	30,4	30,0	31,2	28,7	29,1	26,7	26,8	28,5	27,4	27,1
An	53,0	23,2	22,2	18,5	20,3	16,6	16,4	20,3	12,3	15,5	16,9	17,2	16,2	18,0	14,3
Co	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—
Di	6,7	6,3	4,5	2,7	4,5	2,4	1,9	—	1,9	1,7	1,5	0,9	0,5	1,2	0,8
Wo	3,3	3,1	2,2	1,3	2,3	1,2	0,9	—	1,0	0,8	0,8	0,4	0,3	0,6	0,4
En	11,5	5,3	6,7	6,7	10,8	5,3	5,2	6,4	4,2	6,0	5,1	5,1	5,1	5,1	4,1
Fs	16,4	7,2	11,6	9,2	12,7	9,1	8,1	9,2	6,3	8,5	8,1	7,5	7,3	7,1	6,8
Hy	24,6	9,4	16,1	14,6	21,3	13,2	12,4	15,6	9,6	13,7	12,4	12,2	12,2	11,6	10,5
Fo	—	2,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fa	—	3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Il	3,9	3,8	3,4	3,2	2,8	2,4	2,2	2,4	1,7	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	1,8
Ap	1,1	1,4	1,1	1,5	0,9	1,0	0,8	0,9	0,6	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6
	S6	S21	S2	S12	S18	S53	S16	S10	S25	S14	S27	S1	S20	S7	S25
SiO ₂	65,13	65,16	65,65	66,31	67,09	67,44	68,95	70,04	71,62	71,85	73,42	73,56	74,13	74,72	74,83
Al ₂ O ₃	15,17	15,27	15,31	14,81	15,27	14,42	14,24	15,22	15,36	14,50	13,89	14,05	13,91	13,57	13,30
TiO ₂	0,96	0,74	0,93	0,84	0,97	0,86	0,61	0,52	0,35	0,20	0,25	0,18	0,22	0,26	0,35
Fe ₂ O ₃	4,81	4,43	4,96	4,90	3,44	4,57	3,92	3,20	3,10	1,55	2,68	1,42	1,43	1,66	1,91
MgO	1,64	1,70	1,70	1,60	0,92	1,56	0,57	1,04	0,79	0,25	0,24	0,26	0,23	0,30	0,52
CaO	3,57	3,28	3,84	3,40	2,14	3,72	2,08	2,75	3,00	1,44	1,28	1,87	1,20	1,47	1,54
Na ₂ O	3,30	2,87	3,22	3,32	3,00	3,27	3,49	3,40	2,75	2,94	2,70	3,26	3,03	2,75	2,77
K ₂ O	4,11	4,62	3,79	3,53	5,90	3,18	5,36	3,92	3,94	6,19	6,29	5,33	5,66	5,72	5,23
P ₂ O ₅	0,28	0,22	0,28	0,26	0,29	0,29	0,13	0,14	0,11	0,07	0,06	0,02	0,01	0,05	0,07
MnO	0,07	0,08	0,07	0,06	0,04	0,07	0,06	0,07	0,05	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04
V	75	82	93	87	20	73	29	53	30	60	11	9	11	14	26
Nb	24	19	22	16	14	20	39	20	14	12	17	26	16	15	16
Sc	9	10	8	9	1	9	4	6	9	3	3	4	2	2	4
Zr	83	23	95	94	66	90	46	111	38	9	141	117	100	102	94
Sr	615	668	555	562	547	658	218	378	531	489	164	104	255	243	217
Ba	1423	1200	1281	1046	1389	1580	981	681	1373	1507	395	515	804	595	384
Rb	149	148	142	146	211	117	235	217	121	201	207	258	207	188	204
Cr	11	18	13	13	2	15	2	6	0	7	0	1	0	2	7
S	206	455	217	214	55	115	224	49	51	380	66	49	36	88	86
La	93	41	68	96	35	97	95	43	66	154	199	125	92	66	40
Y	22	8	24	18	5	22	27	12	34	4	11	93	6	6	8
Yb	1,9	1,2	1,9	1,6	1,2	1,8	2,9	1,1	4,4	0,2	1,3	13,1	0,7	1,7	0,9
NORMA CIPW															
Qz	18,5	19,4	19,7	21,6	20,3	24,5	21,3	26,1	30,9	27,1	28,7	29,2	31,1	32,2	33,5
Or	24,6	27,9	22,6	21,2	35,3	19,0	32,0	23,2	23,1	37,0	36,9	31,5	33,5	33,7	30,8
Ab	28,3	24,8	27,5	28,6	25,7	28,0	29,8	28,8	23,1	27,2	22,7	27,6	25,7	23,2	23,4
An	14,7	15,1	16,2	15,4	8,8	15,4	7,4	12,3	14,1	6,7	5,9	8,0	5,9	6,9	7,1
Co	—	0,1	—	—	0,8	—	—	0,7	1,4	0,5	0,5	—	0,6	0,3	0,5
Di	1,2	—	0,9	0,07	—	1,1	1,8	—	—	—	—	1,0	—	—	—
Wo	0,6	—	0,5	0,04	—	0,5	0,9	—	—	—	—	0,5	—	—	—
En	4,1	4,3	4,3	4,1	2,3	3,9	1,4	2,6	1,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	1,3
Fs	6,6	6,4	6,8	7,6	4,2	6,3	5,6	4,5	4,6	2,3	4,1	2,1	2,1	2,4	2,6
Hy	10,1	10,7	10,6	11,6	6,5	9,7	0,05	2,6	6,6	3,0	4,6	2,2	2,6	3,1	3,9
Fo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Il	1,9	1,4	1,8	0,9	1,9	1,7	1,2	1,0	0,6	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,7
Ap	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7	0,7	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,05	0,02	0,1	0,2

Bela-Bragança Paulista-Itatiba, tendo sido amostradas tanto rochas equigranulares quanto porfiróides. No presente trabalho não são tratadas rochas pertencentes à fácies marginal charnockítica.

DESCRIÇÃO PETROGRÁFICA Granitos porfiróides
São rochas meso-a leucocráticas compostas por teores variáveis de megacristais de microclíneo róseo numa matriz hipautômórfica granular cinzenta milimétrica. Entre os megacristais predominam dimensões de 1,5 a 2,0 cm, se bem que localmente possam atingir até 7 cm (Wernick *et al.* 1976). Apresentam secções retangulares ovaladas ou irregulares. Comum é a ocorrência de geminação de Carlsbad. Frequentemente contém inclusões de biotita, algumas vezes arranjadas sob forma de 1 a 3 anéis concêntricos, paralelos à borda externa dos megacristais. Ao microscópio constata-se também a ocorrência de inclusões de plagioclásio e/ou quartzo, algumas vezes também formando anéis concêntricos. Em alguns megacristais euhedrais ocorrem núcleos arredondados ou ovalados com sinais de corrosão magmática, envolvidos por anel de inclusões de biotita. Em algumas partes do complexo ocorrem rochas com duas gerações de megacristais: uma maior medindo em torno de 5 cm com sinais de corrosão magmática e outra medindo em torno de 2 cm, euhedrais. Em outras partes ocorrem rochas nas quais coexistem megacristais de microclínio e plagioclásio (oligoclásio/andesina). Ainda, localmente, ocorrem megacristais ovalados ou euhedrais com anel externo de albita branca. Em todos os casos os megacristais podem ocorrer tanto dispersos caoticamente por toda a rocha ou aglutinados sob forma de manchas irregulares, principalmente nas proximidades dos enclaves microgranulares. Outras vezes dispõem-se paralelamente, retratando fluxos lineares ou turbilhonares, estes retratados através de espirais com diâmetros métricos. Parte do complexo mostra-se gnaissificado quando então os megacristais têm formas mais ovaladas ou mostram-se dobrados e quebrados.

A matriz é composta por teores variáveis de plagioclásio (oligoclásio/andesina) tendendo para formas euhedrais, com geminação polissintética, algumas vezes com zoneamento normal e núcleo central alterado. O microclínio, tendendo para formas anhedrais, exibe geminação em grade e, à semelhança dos megacristais, pertence de veio e mancha. O quartzo, xenomórfico, mostra-se geralmente fraturado, com textura em mosaico e extinção ondulante. Aos minerais silícicos associam-se maiores quantidades de biotita castanha, com acentuado pleocroísmo, e hornblenda verde, ambos com inclusões de apatita. Quanto maior o teor de máficos, maior é o conteúdo de plagioclásio na rocha e maior a tendência deste mineral ao idiomorfismo. O principal acessório é a titanita, ao lado de magnetita e zircão. Pistacita e clinozoisita formam-se às expensas de plagioclásio e hornblenda, sericita às custas de plagioclásio e microclíneo e clorita a partir da biotita.

Granitos equigranulares Apresentam granulação grossa a fina, cores rosadas e aspecto claro, de leuco-a hololeucocrático. Em algumas variedades os grãos de quartzo são cinzentos, arredondados que ressaltam na rocha por suas dimensões maiores e cor mais escura. A textura é hipautômórfica granular com predomínio do microclínio pertítico sobre o plagioclásio (geralmente oligoclásio). Máficos são representados predominantemente por biotita castanha e

subordinadamente por hornblenda verde. Os principais acessórios são titanita, apatita e magnetita. Clorita, sericita e epidoto são principais produtos de alteração.

DADOS ANALÍTICOS Dados analíticos de 30 amostras (não incluindo fácies marginais charnockíticas) de granitos equigranulares e porfiríticos bem como de rochas mais básicas do Complexo Socorro estão contidos na Tabela 1. Os dados referentes a SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 (ferro total), MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , MnO , Rb e S foram obtidos através de fluorescência de raios-X (vidros pulverizados). Os referentes ao V , Nb , Y , Sc , Zr , Sr , Ba e Cr bem como os das terras raras foram obtidos por espectroscopia de plasma. Estes últimos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Distribuição das terras raras em rochas do Complexo Socorro (em ppm)

	S1	S13	S14	S17	S21	S22
La	65,9	120,0	108,8	67,1	41,9	37,9
Ce	143,4	11,0	245,7	144,5	80,9	81,5
Pr	17,5	28,6	28,4	17,9	9,4	9,7
Nd	58,3	88,9	88,0	62,4	32,4	34,3
Sm	10,8	16,6	11,3	10,9	5,1	6,9
Eu	2,0	3,7	1,6	2,2	1,7	2,0
Gd	8,1	15,1	5,1	9,1	4,1	6,4
Dy	5,7	15,8	1,6	6,7	2,3	4,5
Ho	1,1	3,4	0,4	1,5	0,4	0,8
Er	3,2	10,5	0,6	4,5	1,0	2,1
Yb	2,8	13,4	0,3	4,5	0,7	1,8
Lu	0,5	2,2	0,05	0,8	0,1	0,3

Os dados normativos CIPW referentes às análises em pauta foram calculados por computador através de programa específico e considerando-se o ferro total sob forma de FeO . São apresentados na Tabela 1. Também foram calculados vários índices litoquímicos e índices petrogenéticos, parte dos quais estão contidos na Tabela 3 e nas figuras 4A, B e C. Todos os dados foram obtidos no laboratório de geoquímica do Mineralogisches und Petrographisches Institut und Museum da Universidade de Kiel, R.F.A.

Representação gráfica e discussão preliminar Parte dos dados considerados de maior importância estão representados nas figuras anexas. A figura 2 contém os diferentes diagramas de variação $\text{SiO}_2 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$ (ferro total), MgO , CaO , Al_2O_3 , MnO , P_2O_5 e TiO_2 , Na_2O e K_2O . Com exceção do Na_2O e K_2O o que ressalta é a excelente correlação dos dados e o caráter retilíneo desta correlação. A mesma amplitude de variação do ferro total e do CaO caracterizam, de saída, a sequência como sendo calco-alcalina, o que é confirmado no diagrama A–F–M da figura 3. Quanto ao diagrama de variação $\text{SiO}_2 \times \text{Na}_2\text{O}$, a constância dos valores fluando essencialmente entre 2,5 e 3,5% retrata a feição típica de séries granitóides orogênicas. Em relação ao K_2O , a sua flutuação caracteriza a série como sendo calco-alcalina de alto teor em potássio (*high potash calc-alkaline granitoides serie*), cuja disposição típica pode ser observada no diagrama Q–Or–Plag da figura 4A. A correlação menos acentuada entre SiO_2 e K_2O é fruto da concentração diferencial dos megacristais

de microclíneo por ação de fluxo linear ou turbilhonar ou ainda pela proximidade de enclaves microgranulares. Tal flutuação não pode ser evitada mesmo partindo-se em média de 5 kg de amostra inicial para a preparação das análises.

As figuras 4B e C representam os diagramas ternários Ab-An-Or e Ab-Qz-Or. Os gráficos ressaltam mais uma

vez a continuidade da variação dos dados, o que se reflete na Tabela 3 também através da composição do plagioclásio e da relação molecular $Al_2O_3/CaO + K_2O + Na_2O$ que supera apenas nos termos mais diferenciados o valor unitário. Ressalta-se ainda em termos de caracterização dos granitos a presença de diopsídio normativo e a ausência ou baixos teores de coríndon normativo (Tabela 1).

Tabela 3 – Relação entre elementos químicos e índices litoquímicos de rochas do Complexo Socorro

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
I.D.	30,64	50,17	52,64	59,57	50,19	64,40	66,29	60,73	73,91	65,94
Qz normativo	1,4	0,0	3,2	5,1	8,1	4,2	9,8	12,2	14,4	13,5
An normativa	58	40	40	39	42	35	35	39	30	35
Fêmicos normativos	36,31	26,61	25,17	21,95	29,49	18,96	17,27	18,90	13,85	18,61
La normativo	122	277	286	225	188	122	274	228	204	134
Yb normativo	63,0	17,1	16,9	4,6	12,9	9,9	8,6	9,9	6,7	9,8
Mol. $Al_2O_3/CaO + K_2O + Na_2O$	0,81	0,81	0,85	0,86	0,84	0,89	0,91	0,95	0,91	0,90
$CaO/K_2O + Na_2O$	2,37	1,04	0,92	0,67	0,99	0,52	0,53	0,69	0,38	0,55
Al_2O_3/SiO_2	0,34	0,34	0,31	0,29	0,26	0,29	0,27	0,27	0,24	0,25
FeO/MgO + FeO	0,70	0,70	0,75	0,70	0,65	0,74	0,72	0,70	0,71	0,70
FeO/MgO	2,30	2,34	2,93	2,37	1,86	2,83	2,60	2,36	2,46	2,35
K/Rb	256	397	433	439	244	455	438	242	383	282
K_2O/Rb	2,15	3,30	3,63	3,65	2,05	3,78	3,55	2,04	3,11	2,37
K_2O/Ba	1,97	2,76	2,61	1,77	3,54	2,23	2,56	2,54	3,25	3,51
K_2O/La	2,48	2,86	3,01	5,86	4,06	12,38	4,78	3,87	7,46	8,95
K_2O/Na_2O	0,36	0,65	0,74	1,32	0,79	1,41	1,26	0,79	1,53	1,15
Hy(Hy + Di)	0,78	0,60	0,78	0,84	0,82	0,85	0,87	1,00	0,83	0,89
En/(En + Fs)	0,41	0,44	0,36	0,42	0,46	0,37	0,39	0,41	0,40	0,41
Y/Yb	28,7	9,3	9,7	20,6	12,0	13,2	13,5	12,9	12,1	10,1
	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
I.D.	66,20	66,66	68,11	66,31	71,97	71,49	72,07	69,76	71,45	81,32
Qz normativo	14,7	17,4	14,1	19,6	17,2	18,6	19,4	19,7	21,6	20,3
An normativa	39	39	36	39	50	34	37	38	35	26
Fêmicos normativos	16,95	16,10	15,65	15,65	13,77	13,85	12,66	13,99	13,19	9,09
La normativo	255	216	109	219	185	283	125	207	292	106
Yb normativo	12,0	20,8	8,1	10,2	7,8	8,6	5,4	8,8	7,2	5,6
Mol. $Al_2O_3/CaO + K_2O + Na_2O$	0,91	0,93	0,94	0,92	0,94	0,93	0,97	0,94	0,96	1,00
$CaO/K_2O + Na_2O$	0,57	0,59	0,50	0,67	0,43	0,48	0,44	0,55	0,50	0,24
Al_2O_3/SiO_2	0,25	0,24	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,22	0,23
FeO/MgO + FeO	0,72	0,71	0,71	0,70	0,73	0,73	0,70	0,72	0,73	0,77
FeO/MgO	2,61	2,46	2,41	2,33	2,75	2,64	2,35	2,63	2,76	3,37
K/Rb	372	319	359	320	374	333	379	320	293	337
K_2O/Rb	3,12	2,65	3,03	2,25	2,95	2,76	3,12	2,67	2,42	2,80
K_2O/Ba	2,77	3,18	2,84	2,53	4,16	2,89	3,85	2,96	3,37	4,25
K_2O/La	5,65	5,30	12,03	4,47	7,59	4,41	11,27	5,57	3,68	16,86
K_2O/Na_2O	1,33	1,20	1,28	1,01	1,46	1,25	1,61	1,18	1,06	1,97
Hy(Hy + Di)	0,89	0,94	0,96	0,90	0,93	0,89	1,00	0,92	0,99	1,00
En/(En + Fs)	0,38	0,41	0,41	0,42	0,37	0,39	0,40	0,38	0,35	0,35
Y/Yb	10,6	11,7	13,0	20,9	12,1	11,4	7,0	12,5	11,5	4,2
	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30
I.D.	71,43	83,13	78,09	77,10	89,21	88,35	88,38	90,37	89,04	87,64
Qz normativo	24,5	21,3	26,1	30,9	27,1	28,7	29,2	31,1	32,2	33,5
An normativa	45	21	30	38	21	20	22	18	23	23
Fêmicos normativos	13,12	9,44	8,46	7,47	3,50	5,27	3,64	3,02	3,72	4,76
La normativo	295	289	131	201	468	605	380	280	201	122
Yb normativo	8,0	13,2	5,2	20,0	0,9	5,7	59,5	3,2	7,7	4,2
Mol. $Al_2O_3/CaO + K_2O + Na_2O$	0,93	0,93	1,03	1,08	1,02	1,02	0,97	1,04	1,01	1,02
$CaO/K_2O + Na_2O$	0,58	0,24	0,38	0,45	0,16	0,14	0,22	0,14	0,17	0,19
Al_2O_3/SiO_2	0,21	0,21	0,22	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18
FeO/MgO + FeO	0,72	0,86	0,73	0,78	0,85	0,91	0,83	0,85	0,83	0,77
FeO/MgO	2,63	6,19	2,77	3,53	5,60	10,04	4,92	2,36	1,86	3,31
K/Rb	328	274	213	387	371	361	246	327	363	306
K_2O/Rb	2,72	2,28	1,81	3,26	3,08	3,04	2,07	2,73	3,04	2,56
K_2O/Ba	2,01	5,46	5,76	2,87	4,11	15,92	10,35	7,04	9,61	13,62
K_2O/La	3,28	5,64	9,12	5,97	4,02	3,16	4,26	6,15	8,67	13,08
K_2O/Na_2O	0,97	1,54	1,15	1,43	2,11	2,33	1,63	1,87	2,08	1,89
Hy(Hy + Di)	0,90	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	0,68	1,00	1,00	1,00
En/(En + Fs)	0,39	0,24	0,36	0,30	0,21	0,13	0,24	0,22	0,24	0,33
Y/Yb	12,3	9,6	11,2	7,7	20,5	8,5	7,1	8,6	3,3	9,3

Figura 2 — Diagramas de variação de SiO_2 X diferentes óxidos.

Figura 3 — Diagrama A.F.M.

Figura 4 — Diagramas ternários

A figura 5 representa o diagrama de correlação $La_n \times Yb_n$ (segundo padrão wakamura). Ressalta-se a existência de 3 famílias de retas. Uma, dominante, da qual a amostra 1 é a mais enriquecida em La e Yb, outra menos freqüente e ligeiramente mais enriquecida em La e uma subsidiária, fortemente enriquecida em La e empobrecida em Yb (o valor negativo está dentro do erro analítico; ver para comparação o espectro total de terras raras da Tabela 2). Em função desta figura foram selecionadas 6 amostras (S1, S13, S14, S17, S21 e S22) para análise total das terras raras, representadas na Tabela 2. Mais do que a própria interpretação da figura 6 (com anomalias de Eu levemente deprimidas) em termos genéticos (fracionamento de plagioclásio), a figura revela consangüinidade da associação litológica do Complexo Socorro.

Finalmente, a figura 7 apresenta a situação das amostras no tetraedro granítico. Verifica-se que os valores afastam-se muito do plano cotético, constituindo uma superfície inclinada em relação ao mesmo.

CONCLUSÕES Os dados referentes ao Complexo Socorro revelam: 1 — a presença de enclaves microgranulares de composição básica; 2 — ampla variação litológica (SiO_2

Figura 5 – Diagrama de correlação La_N X Yb_N (segundo padrão Wakamura)

Figura 6 – Diagrama de variação das terras raras nas amostras da Tabela 2

51,70% – 74,83%); 3 – acentuada linearidade nas correlações entre os óxidos e sílica com exceção do Na_2O e K_2O ; 4 – caráter calco-alcalino de elevado teor em K_2O ; 5 – Relação molecular $Al_2O_3 : CaO + K_2O + Na_2O$ menor que 1,1, diopsídio normativo e baixos teores de coríndon normativo; 6 – hornblenda como máfico regular e titanita como acessório. Estes dados estão em boa concordância com a série granitóide I de Chappell & White (1974), considerados como produtos de refusão de ortognaisses e os magnetita granitos de Ishihara (1981). Entretanto, a presença de enclaves microgranulares básicos, arredondados, ovaladas ou botrioidais que resultam, teoricamente, do resfriamento de um magma mais quente num magma mais frio e hidratado (Wernick 1983-a), aliada à variação inter elementos linear (que pode ser interpretada como resultante de mistura magmática) revela que em realidade estes granitos resultam da interação crosta/manto, o que os caracteriza como pertencentes à categoria dos granitos híbridos. Sob

Figura 7 – Tetraedro An-Ab-Or-Qz granítico

este aspecto os granitos tipo I estão sujeitos a uma futura redefinição genética (Wernick 1983-b).

Agradecimentos A participação de um dos autores

(E. Wernick) nos trabalhos analíticos na Universidade de Kiel foi possível através de bolsa de pesquisa do Serviço de Intercâmbio Acadêmico da República Federal da Alemanha em 1982 e os trabalhos de campo através do auxílio CNPq – Proc. 402164/80.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAPPEL, B. W. & WHITE, A. J. R. – 1974 – Two contrasting granite types. *Pacific Geol.* 8:173-174.
- COLEMAN, R. G. – 1977 – *Ophiolites*. New York, Springer-Verlag, 229 p.
- FIORI, A. P.; WERNICK, E.; BETTENCOURT, J. da S. – 1978 – Evolução policíclica na região nordeste do Est. de São Paulo e áreas vizinhas do Est. de Minas Gerais. In: CONGR. BRAS. GEOL., 30, Recife, 1978. *Anais...* Recife, SBG., v. 1, p. 309-320.
- ISHIHARA, S. – 1981 – The granitoid series and mineralization. *Econ. Geol.* 75:458-484. (75th Anniv.)
- PUPIN, J. P. – 1980 – Zircon and Granite Petrology. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73:207-220.
- WERNICK, E. – 1967 – *A geologia da região de Amparo, leste do Estado de São Paulo*. Rio Claro, F.F.C.L. Rio Claro, SP (Tese de doutoramento).
- WERNICK, E. – 1972 – A geologia do maciço granítico de Morungaba, leste do Estado de São Paulo. *Bol. Geol. Esc. Eng. USP*, São Carlos, 16:110 p.
- WERNICK, E. – 1979 – Aspectos petrológicos dos granitóides da Província Ribeira, SP e PR. In: SIMP. REG. GEOL., 2, Rio Claro, 1979. *Atas...*, Rio Claro, SBG, v. 1, p. 101-115.
- WERNICK, E. – 1982a – Contribuição à caracterização das linhagens de granitóides brasileiros do Sul do Brasil. In: CONGR. BRAS. GEOL., 32 Salvador, 1982 – *Anais...*, Salvador, SBG, v. 2, p. 490-499.
- WERNICK, E. – 1982b – Caracterização e evolução da suite granitóide rosa no sul do Brasil. *Geociências*, 1:99-111.
- WERNICK, E. – 1983a – Enclaves e seu significado geológico. *Geociências* (no prelo).
- WERNICK, E. – 1983b – *Granitos Calco-Alcalinos Orogênicos: características e tentativa de um modelo genético* (em preparação).
- WERNICK, E. & PENALVA, F. – 1974 – Migmatização e feeldspatização de charnockitos e granulitos no leste paulista e sul de Minas Gerais. In: CONGR. BRAS. GEOL., 28, Porto Alegre, 1974. *Anais...*, Porto Alegre, SBG, v. 5, p. 155-160.
- WERNICK, E. & PENALVA, F. – 1978 – Contribuição ao conhecimento das rochas granitóides do Sul do Brasil. *Rev. Bras. Geoc.*, 8(3):113-133.
- WERNICK, E. & PENALVA, F. – 1980a – Contribuição à geologia do Grupo Pinhal (SP e MG). *Rev. Bras. Geoc.*, 10 (1): 43-62.
- WERNICK, E. & PENALVA, F. – 1980b – O Grupo Pinhal na região nordeste do Est. de São Paulo e áreas vizinhas do Est. de Minas Gerais. *Bol. IG.*, 11:1-20.
- WERNICK, E.; OLIVEIRA, M. A. F. de; KAWASHITA, K.; CORDANI, U. G.; DELHAL, J. – 1976 – Estudo geocronológico pelo método Rb/Sr em rochas do bloco Jundiá e regiões adjacentes. *Rev. Bras. Geoc.*, 6 (1):125-135.

MANUSCRITO

Recebido em 10 de outubro de 1983

Revisão aceita em 01 de julho de 1984

Notamos que os geômetras são totalmente incapazes de aplicar na prática suas provas científicas. Quando se trata de dividir uma gleba de terra, ou realizar qualquer outra operação sobre grandezas e espaços, os agrimensores podem fazê-lo por causa de sua experiência, mas os que se ocupam da matemática e das razões dessas coisas, embora possam saber como se faz, não sabem fazê-lo.

Aristóteles. Fragmento 52 (Rose), trad. de W. Jaeger; *Aristotle*, Oxford UP, 2a. ed., 1948, p. 426-429.