



GEOQUÍMICA DAS ROCHAS VULCÂNICAS ASSOCIADAS ÀS MINAS DE CAULIM DA BACIA DE CAMPO ALEGRE (SC)

E.M.G. Vasconcellos; J.C. Biondi; G.A. Vanzela

Departamento de Geologia, UFPR, Caixa Postal 19.001, CEP 81531-990, Curitiba, PR

Recebido em 09/99; aprovado para publicação em 09/2000

ABSTRACT

In the kaolin mines area of Campo Alegre Basin, there are about 50 deposits and 22 mines in exploration. The area contains, in the base, conglomerate and arcoses inserted with trachytic, andesitic and basic lavas, put upon by volcanic sequences with flood, breccias, tuffs and ashes with riolitic and trachytic compositions, divided in 10 sequences associated to volcanic explosive-efusive episodes. Through the geochemical study of the unaltered rocks associated to the kaolin mines, it is possible to classify them into four riolitic groups, which represent an evolutionary tendency, from north to south, defined by more alkaline character in the south rocks in relation to the north ones. A fifth group, trachytic, represents a sequence formed previously to the riolites, with less developed character.

RESUMO

Na região das minas de caulim da Bacia de Campo Alegre (SC), existem cerca de 50 depósitos e 22 minas em operação. A região contém, na base, conglomerados e arcósios, intercalados com lavas traquíticas, andesíticas e básicas, sobrepostas por seqüências vulcânicas com derrames, brechas, tufos e cinzas, com composições riolíticas e traquíticas, divididas em 10 seqüências, associadas a episódios vulcânicos explosivo-efusivos. Através do estudo geoquímico das rochas não argilizadas associadas às minas de caulim, é possível classificá-las em quatro grupos riolíticos, que representam, de norte para sul, uma tendência evolutiva, definida por caráter mais alcalino nas rochas do sul com relação às do norte. Um quinto grupo, traquítico, representa uma seqüência formada anteriormente aos riolitos, de caráter menos evoluído.

INTRODUÇÃO

Na região de Campo Alegre (SC), existem cerca de 50 depósitos de caulim conhecidos e 22 minas em operação. Os minérios desses depósitos abastecem as indústrias que produzem cerâmicas de mesa, de revestimento, refratária e elétrica dos Estados de Santa Catarina e Paraná. Todos esses depósitos distribuem-se em uma região restrita, conhecida como Bacia de Campo Alegre, que se localiza nas proximidades da cidade homônima, constituindo um distrito mineiro de grande importância regional. Das 22 minas em operação, 20 estão situadas ao sul da cidade de Campo Alegre, região esta que será tratada neste estudo.

O objetivo deste trabalho é compreender a evolução química das rochas vulcânicas relacionadas às mineralizações. Nesta primeira etapa, serão examinadas rochas somente das regiões próximas às minas de caulim. Posteriormente, o estudo será estendido a toda a bacia vulcano-sedimentar de Campo Alegre.

GEOLOGIA DA BACIA DE CAMPO ALEGRE

Geologia geral

A Bacia de Campo Alegre foi mapeada por Daitx, em 1979, e teve sua geologia revista por Silva (1987), durante a elaboração do Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina, na escala 1:500.000, e por Citroni (1998). É uma bacia vulcano-sedimentar, composta, essencialmente, por vulcanitos ácidos e sedimentos vulcanogênicos derivados, com todas as características de uma bacia tardi-orogênica. Suas rochas vulcânicas foram datadas pelo

método Rb-Sr em 536 ± 65 Ma (Basei & Teixeira, 1987) e pelo método U-Pb em 570 ± 30 Ma (Citroni, 1998).

A Formação Campo Alegre foi definida por Ebert, em 1971, como parte do Grupo Guaratubinha. Daitx (1979) e Silva (1987) dividiram-na em cinco unidades e situam-na no Grupo Itajaí. Citroni (1998) e Citroni & Basei (1999) propuseram uma divisão da Bacia de Campo Alegre em nove Formações, contidas em dois Grupos (Grupo Bateias e Grupo Campo Alegre). Nenhum desses trabalhos aborda o estudo dos depósitos de caulim.

A Bacia de Campo Alegre contém, na base, conglomerados e arcósios, intercalados com lavas traquíticas (predominantes), andesíticas e básicas (menos frequentes). Sobre essas unidades, depositaram-se várias seqüências vulcânicas, com derrames, brechas, tufos e cinzas, com composições, essencialmente, riolítica e traquítica. Ao final do vulcanismo, a parte norte da bacia foi coberta por sedimentos clásticos finos e médios, interpretados por Citroni (1998) e Citroni & Basei (1999), como depositados em um lago, formado dentro de uma caldeira vulcânica. Todas essas unidades formaram-se há cerca de 530-570 Ma.

Após preenchida a Bacia de Campo Alegre, as suas rochas de cobertura ficaram expostas por cerca de 260-300 Ma, até o início do Permiano, quando a região foi recoberta pelo mar, que proporcionou o início da deposição dos sedimentos do Grupo Itararé, da Bacia do Paraná. É muito difícil avaliar quanto foi erodido antes da deposição do Itararé e quais as modificações intempéricas e estruturais causadas nas rochas da Bacia de Campo Alegre nesse período de cer-

ca de 300 Ma. É, igualmente, difícil avaliar quais as conseqüências da imersão no mar Itararé e do soterramento das rochas da bacia de Campo Alegre sob as rochas da Bacia do Paraná, mas, certamente, as rochas vulcânicas não passaram incólumes por esses eventos.

A exumação das rochas da Bacia de Campo Alegre deve ter acontecido há poucos milhões de anos, pois a diferença de cota entre rochas do Itararé depositadas diretamente sobre o embasamento gnáissico (em São Bento do Sul) e sobre a superfície atual da Campo Alegre é de cerca de 100 metros apenas. Após a exumação, novamente as rochas vulcânicas foram submetidas a ciclos de intemperismo e de erosão, até adquirirem a conformação e a composição da superfície atual. Os depósitos de minerais argilosos são produtos dessa história geológica.

Geologia da região das minas de caulim

As rochas vulcânicas e vulcano-sedimentares da base da Bacia de Campo Alegre estão encaixadas em gnaisses, migmatitos, granulitos e milonitos graníticos, pertencentes ao Complexo Granulítico de Santa Catarina, com idades Rb/Sr entre 2,8 e 2,4 Ga (Basei & Teixeira, 1987). A calha da Bacia de Campo Alegre abriu-se em um regime transtensional, gerado pelo encontro entre as microplacas de Curitiba e a de Luís Alves (Citroni, 1998). Este regime tectônico teve como conseqüência, na região das minas de caulim, a geração, numa primeira fase, de vulcanismo traquítico, aflorante na borda leste da bacia (Fig. 1). Essa fase é representada, essencialmente, por derrames e di-

ques de traquitos, recobertos por conglomerados e arenitos arcósios, derivados da erosão

das bordas da calha, depositados em um ambiente fluvial de alta energia. Esses traquitos e

os sedimentos associados perfazem a Sequência Basal na região das minas de caulim.

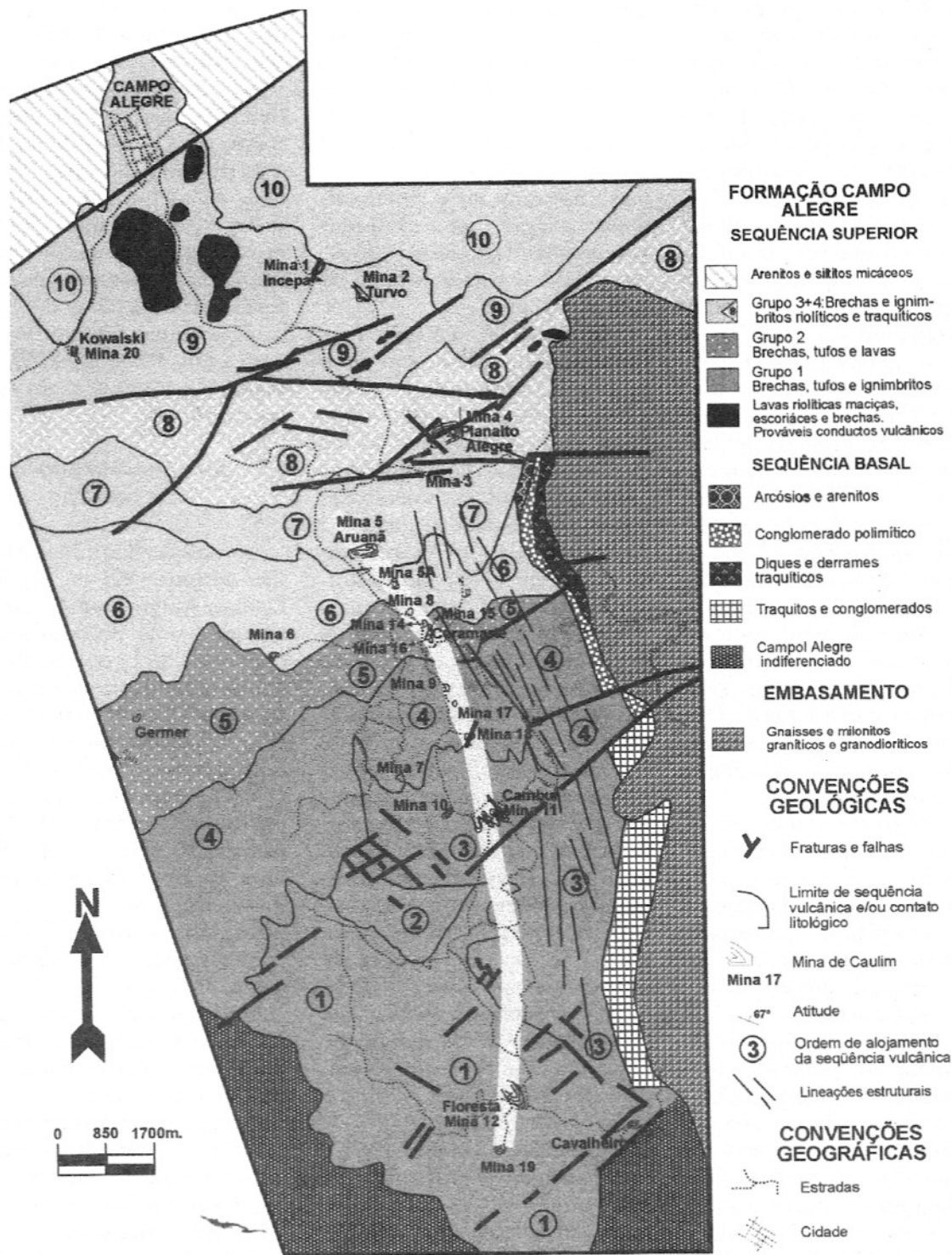


Figura 1- Mapa geológico da região das minas de caulim da Bacia de Campo Alegre (SC).

A Sequência Superior (Fig. 1) é constituída, essencialmente, pela segunda fase vulcânica. Esta é predominantemente riolítica alcalina, com menor proporção de traquitos, e essencialmente explosiva, gerando sobretudo brechas e tufos ácidos, com lavas subordinadas. A maior parte do vulcanismo identificado parece ter sido linear, com saídas vulcânicas associadas a falhamentos EW, NE e NS. Algumas dessas saídas foram delineadas junto a falhas do grande sistema de falhas EW e NE, que atravessa a parte norte da área mapeada (Fig. 1).

Foi particularmente importante, pelas dimensões do aparelho vulcânico e pelo volume de material emitido, o complexo vulcânico situado imediatamente ao sul da cidade de Campo Alegre. As rochas deste complexo foram também reconhecidas por Citroni (1998), que as denominou de Formação Fazenda Uirapuru. Este complexo vulcânico teve, ao menos, quatro grandes condutos, sendo muito ativo e responsável pela emissão de lavas e piroclastitos, que recobrem a maior parte da área mapeada.

Foi possível reconhecer, ao menos, dez seqüências explosivas/efusivas, derivadas dos diversos vulcões que existiram na região. Cada uma, delimitada na Figura 1 e identificada com um número que indica sua ordem de alojamento, é constituída por brechas, tufos e lavas. Cada seqüência pode ser reconhecida pelo início eminentemente explosivo, caracterizado pela deposição de brechas e tufos cineríticos, e pelo final predominantemente efusivo, onde lavas riolíticas laminadas e ignimbritos afloram em meio a cinzas e tufos lapflicos. Ocorrem variações composicionais laterais muito rápidas dentro

dessas seqüências e é comum a ausência dos derrames da porção superior. Na maior parte das vezes, é constituída, apenas, por brechas, na base, e tufos e ignimbritos, no topo. A sucessão dessas seqüências e as suas relações espaciais, com limites geralmente EW ou ENE, sugerem que as manifestações vulcânicas de onde derivaram suas rochas tenham acontecido na parte norte da área, provavelmente relacionadas às saídas vulcânicas mapeadas, particularmente ao grande vulcão de Campo Alegre.

Ao final da segunda fase vulcânica, iniciou-se um novo ciclo de sedimentação, com arenitos, siltitos e argilitos rítmicos, que recobriram as rochas vulcânicas. Citroni (1998) considerou que essa sedimentação foi lacustre, conseqüência da formação de um lago de caldeira vulcânica, situado ao norte da região de Campo Alegre.

Durante todo o período de preenchimento da Bacia de Campo Alegre, foram nucleadas diversas falhas na região. O sistema mais importante é o EW, constituído, sobretudo, por falhas normais, sin-sedimentares, que atravessam a parte norte da área mapeada. Falhas NE, algumas com evidências de deslocamentos transcorrentes destrógiros, existem em toda a região e pertencem ao período transpressional, posterior ao final do preenchimento da bacia. Este sistema NE é secundado por um outro, NW, identificado somente na parte central e sul da área.

A Bacia de Campo Alegre é estruturalmente assimétrica. Na sua borda leste, as rochas das seqüências vulcânicas estão falhadas e dobradas, o que não ocorre na borda oeste. As rochas dos flancos dessas dobras afloram semiverticalizadas, orien-

tadas entre N20E e N20W. Diversas fraturas foram nucleadas no local, com as mesmas direções, o que proporcionou o alojamento de muitos diques riolíticos e traquíticos, também orientados entre N20E e N20W. Esses diques estão bem expostos nas cava das minas de caulim, situadas no lado leste da Bacia de Campo Alegre (Fig. 1), a exemplo das minas da Floresta e Cambuí (Biondi & Furtado, 1999; Biondi, 1999). A erosão atuante nas bordas da bacia expôs essas estruturas na forma de uma série de cristas semiparalelas, orientadas, também, entre N20E e N20W, bem visíveis nas imagens de satélites da região.

As mineralizações de caulim

A maioria das minas de caulim da parte sul da Bacia de Campo Alegre está distribuída segundo uma linha arqueada, com cerca de 13 quilômetros de comprimento, orientada paralelamente à borda leste da bacia (Fig. 1). Biondi (1998), Biondi & Furtado (1999) e Biondi (1999) descreveram quatro depósitos de caulim da região de Campo Alegre. Nesses trabalhos, foram caracterizadas várias fácies de minérios e foi proposto um modelo genético/evolutivo para os depósitos da mina da Floresta e da mina Cambuí. Foi mostrado que as fácies de minérios descritas podem ser reunidas em dois grupos, com base na análise mineralógica realizada por difratometria de raios X (segundo método analítico descrito por Biondi & Furtado, 1999):

– **Minérios brancos**, compostos por caulinita, quartzo e ilita/haloisita. Nesses minérios, a proporção caulinita:ilita/haloisita é, no mínimo, de 80%:20%.

É o principal tipo de minério de caulim da região, produzido em todas as minas.

– **Minérios verdes** ou esverdeados, compostos por caulinita, quartzo e illita/muscovita. Têm uma proporção caulinita/illita entre 40%/60% e 80%/20%. O minério verde ocorre em pequena quantidade em todas as minas e depósitos descritos. Existe em quantidades significativas e é sistematicamente lavrado somente em três minas: Cambuí, Aruanã e Turvo.

Foram analisadas amostras de rochas não argilizadas coletadas em cada uma das seqüências vulcânicas, individualizadas na Figura 1. As características petrológicas dessas rochas serão analisadas, visando a compreender os seus mecanismos de gênese e caracterizar a evolução petrológica do vulcanismo da região das minas de caulim de Campo Alegre.

GEOQUÍMICA DAS ROCHAS DA REGIÃO DAS MINAS

As rochas frescas associadas aos minérios foram analisadas por fluorescência de raios X, no Laboratório de Análises de Minerais e Rochas (LAMIR) do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná, empregando-se equipamento de marca Phillips, modelo PW2400, com o objetivo de separá-las em diferentes fácies geoquímicas. Foram analisados 9 elementos maiores (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O e P_2O_5), sendo o Fe_{tot} obtido como Fe_2O_3 , além de 5 elementos traço (Rb, Sr, Zr, Nb e Y). Os resultados estão relacionados na Tabela 1. O material estudado inclui 3 amostras de diques traquíticos, 2 de derrames traquíticos e 14 riolitos,

correspondendo, estes últimos, a afloramentos encontrados desde a Mina do Turvo, ao norte, até a Mina da Floresta, ao sul (Fig. 1), sendo, entretanto, que, nas seqüências 2, 4 e 10, não foram encontradas rochas inalteradas e, portanto, estas seqüências não são incluídas no estudo geoquímico.

Composição normativa das rochas analisadas

A norma CIPW (Tabela 1) revela que os riolitos são rochas supersaturadas, com teores de quartzo normativo (Qz) variando de 20,49%, em amostra da Mina Ceramarte, na porção central da Bacia de Campo Alegre, até 52,43% na amostra CA-25, localizada pouco mais ao norte. As rochas possuem caráter alcalino, sendo enriquecidas em ortoclásio (Or) e albita (Ab) normativos. Para os traquitos, também há supersaturação em SiO_2 , com Qz entre 19,66% e 40,95%, à exceção da amostra CA-19, insaturada, com 10,66% de olivina normativa (Ol). Tanto traquitos quanto riolitos são definidos como muito evoluídos, com índices de diferenciação (ID) de Thornton & Tuttle (1960) variando de 73,38%, para um riolito coletado próximo à Mina Planalto Alegre, até 94,94%, no riolito CA-25, a norte da Mina Ceramarte.

Composição química dos riolitos

Elementos maiores

Uma vez que as rochas traquíticas representam uma fase mais antiga que as riolíticas, e não estão associadas aos minérios, o seu estudo foi feito separadamente. A divisão traquito-riolito é bastante nítida, to-

mando-se como base o diagrama Zr/Y vs. Zr (Fig. 2).

Para visualizar as variações existentes entre os riolitos, foram construídos, inicialmente, diagramas a partir dos elementos maiores, tendo o SiO_2 como índice de variação. A escolha deste parâmetro como referência deve-se a sua grande dispersão, com teores entre 62,58 e 80,93%. Com base nesse critério, é possível definir apenas dois grupos litoquímicos principais de rochas. O primeiro, que inclui as litologias que ocorrem na porção norte da área mapeada, engloba as minas do Turvo, Aruanã, 3, 5A e 8 e, o segundo, na parte sul, contempla as minas da Floresta e Cambuí (Fig. 3). Em nenhum desses dois grupos podem ser incluídas as rochas da mina Planalto Alegre, sempre isolada em relação às demais. Do mesmo modo, a mina Ceramarte caracteriza um grupo associado, às vezes, aos dois anteriores, porém, na maioria dos diagramas, definindo um novo agrupamento individualizado.

Considerando todas as substâncias analisadas, as seqüências 1 e 3 constituem o Grupo 1, caracterizado pela diminuição dos teores de MgO , CaO , Na_2O e P_2O_5 , a partir de rochas menos evoluídas, com teores menores de SiO_2 , até tipos mais evoluídos (Fig. 3). Estas variações podem ser explicadas por fracionamento, gerando riolitos em diferentes fases de um processo de cristalização fracionada. O aumento em K_2O , associado a teores constantes de Al_2O_3 , indica a formação de feldspatos potássicos durante a evolução dessas rochas.

Na parte norte da área mapeada, as seqüências 6, 7 e 9 constituem o Grupo 4. Neste, há correlações negativas entre SiO_2 e TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ,

Tabela 1 – Análises químicas de elementos maiores (em % peso) e traços (em ppm) e norma CIPW das rochas traquíticas e riolíticas da região das minas de caulim de Campo Alegre. ID = Índice de Diferenciação.

Amostra	Diques traquíticos			Derrame traquítico basal		Riolitos não argilizados													
	CA-20	CA-19	CA-17	SEQ-6	SEQ-6	SEQ-1	SEQ-1	SEQ-3	SEQ-5	SEQ-5	SEQ-5	SEQ-5	SEQ-6	SEQ-6	SEQ-6	SEQ-7	SEQ-8	SEQ-9	SEQ-9
				CA-16	CA-15	RIOLITO OXFORD	OXFORD 15A	RIOLITO CAMBUÍ	MINA 15/A3/2	MINA 15/A3/1	CA-30	CA-26	CA-23	CA-24	CA-25	CA-9	CA-8	CA-3	CA-2
SiO ₂	65,30	54,80	65,68	74,50	72,99	65,92	73,37	68,63	71,96	71,40	66,69	74,61	76,80	76,39	80,93	73,37	62,58	75,35	75,86
TiO ₂	0,79	1,02	0,71	0,27	0,28	0,14	0,15	0,27	0,31	0,29	0,28	0,17	0,08	0,07	0,14	0,09	0,12	0,16	0,15
Al ₂ O ₃	15,95	17,35	16,67	13,21	14,93	12,34	12,94	13,54	16,41	15,32	15,39	14,62	13,81	13,90	9,67	14,96	23,08	13,95	13,88
Fe ₂ O ₃	7,01	9,23	7,93	3,63	3,06	2,18	0,79	1,88	1,80	2,60	6,32	1,72	1,20	1,61	1,53	2,14	2,75	1,46	1,21
MgO	0,32	1,69	0,15	0,15	0,31	0,42	0,16	0,27	0,10	0,10	0,55	0,18	0,11	0,10	0,14	0,37	1,26	0,24	0,18
CaO	0,2	0,68	0,2	0,18	0,18	0,24	0,11	0,13	0,17	0,17	0,22	0,27	0,21	0,22	0,16	0,23	0,18	0,24	0,20
Na ₂ O	1,39	1,69	1,41	2,83	2,65	2,30	1,53	2,40	0,59	0,89	1,67	2,15	2,81	2,72	0,21	1,60	0,17	2,17	2,33
K ₂ O	8,81	10,83	6,79	5,01	3,95	6,22	6,74	5,42	6,90	7,22	8,38	6,00	5,01	4,85	6,86	5,36	4,95	5,52	5,98
P ₂ O ₅	0,10	0,69	0,07	0,03	0,04	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Total	99,87	97,99	99,59	99,81	98,37	89,79	95,80	92,56	98,28	98,03	99,54	99,72	100,04	99,86	99,66	98,12	95,09	99,10	99,81
Y	208	341	93	84	78	48	44	34	56	68	65	186	191	174	148	85	89	52	40
Zr	428	768	825	1054	752	164	185	356	918	875	834	159	219	196	117	194	320	130	131
Sr	23	24	20	26	23	42	12	11	18	23	11	18	23	27	19	41	13	44	38
Rb	58	95	172	80	52	161	158	118	168	177	159	43	57	62	34	194	298	134	136
Nb	55	497	36	26	72	16	17	15	27	30	22	42	16	26	10	30	28	16	15
Qz	19,66	0,00	27,36	36,64	40,95	29,60	39,61	35,13	41,73	37,71	20,49	37,69	40,15	40,71	52,43	42,30	41,05	40,53	38,31
C	4,03	2,92	6,88	2,88	6,17	1,61	3,10	3,83	7,89	5,97	3,33	4,14	3,39	3,78	1,64	6,24	18,04	4,04	3,25
Or	52,43	65,83	40,55	29,75	23,79	41,02	41,60	34,66	41,55	43,67	50,04	35,56	29,58	28,69	40,72	32,29	30,81	32,93	35,44
Ab	11,85	14,71	12,06	24,07	22,85	21,72	13,52	21,98	5,09	7,71	14,28	18,25	23,76	23,04	1,78	13,80	1,52	18,53	19,77
An	0,33	0,00	0,51	0,73	0,66	1,14	0,45	0,53	0,61	0,58	0,76	1,25	1,00	1,07	1,72	1,12	0,89	1,08	0,90
Hy	8,23	0,16	9,19	4,50	4,20	3,96	1,15	2,74	1,96	3,31	9,11	2,11	1,38	1,87	1,99	3,26	6,62	2,00	1,70
En/Hy	0,80	0,05	0,38	0,37	0,78	1,16	0,41	0,72	0,25	0,25	1,38	0,45	0,27	0,25	0,35	0,94	3,29	0,60	0,45
Fs/Hy	7,43	0,11	8,81	4,12	3,42	2,80	0,74	2,02	1,71	3,06	7,73	1,66	1,11	1,62	1,64	2,32	3,33	1,40	1,25
OI	0,00	10,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fo/OI	0,00	2,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fa/OI	0,00	7,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mt	1,71	2,29	1,90	0,85	0,74	0,56	0,21	0,51	0,47	0,62	1,44	0,43	0,31	0,40	0,37	0,53	0,67	0,37	0,30
Il	1,51	1,99	1,36	0,52	0,54	0,30	0,30	0,55	0,60	0,33	0,42	0,51	0,40	0,42	0,31	0,45	0,36	0,46	0,29
Ap	0,22	12,88	0,16	0,06	0,08	0,06	0,04	0,06	0,08	0,10	0,11	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03
ID	83,84	80,54	79,97	90,46	87,59	92,34	94,73	91,76	88,36	89,09	84,81	91,51	93,49	92,44	94,94	88,39	73,38	91,99	93,52

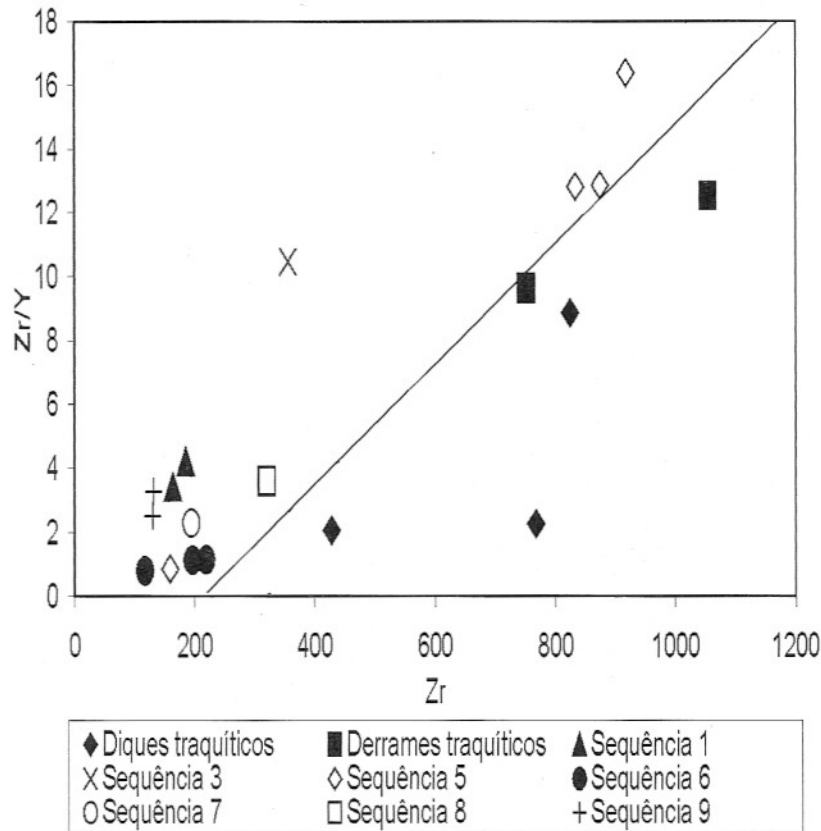


Figura 2 – Diagrama de variação Zr/Y vs. Zr (ppm) para as rochas riolíticas e traquíticas da Bacia de Campo Alegre (SC).

MgO e CaO e positivas para Na₂O, K₂O e P₂O₅ (Fig. 3). Estas relações consideram a variação de SiO₂ de 73,37% em rochas mais primitivas, com ID igual a 88,39%, até rochas mais evoluídas, com 80,93% de SiO₂ e ID de 94,94%. A partir desses dados, caracteriza-se novamente o processo de cristalização fracionada, para geração das diferentes fases de rochas analisadas.

As rochas da sequência 5 (Mina Ceramarte) constituem o Grupo 2, no qual observam-se nítidas correlações negativas entre SiO₂ e TiO₂, Fe₂O₃, K₂O e P₂O₅ (Fig. 3). Os teores de Al₂O₃ não variam em relação ao SiO₂, enquanto para o MgO há uma diminuição dos teores até 71,40% de SiO₂, seguido de um aumento suave. Para o Na₂O e

CaO a correlação é negativa, com dispersão de um dos pontos. Para estas rochas, devido às dispersões, não fica claro o processo de fracionamento.

A amostra da sequência 8 (mina Planalto Alegre) não se agrupa às demais, possivelmente, devido ao fechamento da análise ser inferior a 100%, com maior conteúdo de água e teores de SiO₂, Na₂O, K₂O e P₂O₅ mais baixos, além de inferiores aos encontrados nos outros grupos. Entretanto, para Al₂O₃ (ver conteúdo normativo de coríndon na Tabela 1) e MgO são definidos valores até duas vezes maiores (Fig. 3), o que justifica a separação desta sequência dos demais grupos. Para CaO, Fe₂O₃ e TiO₂, os teores são intermediários. Com base nessas informações, podem ser fei-

tas duas considerações: (a) ou esta sequência é composta por litologias mais primitivas que evoluíram para as demais, ou (b) teve suas rochas modificadas por processos de lixiviação de elementos mais móveis e concentração dos menos móveis a partir de processos de alteração. Esta segunda consideração, mais provável, baseia-se no fato dela estar localizada em uma região de intenso falhamento e hidrotermalismo, o que explicaria as variações observadas. Rochas dessa região são incluídas como Grupo litoquímico nº 3 (Fig. 1).

Deste modo, analisando-se apenas os elementos maiores, as rochas estudadas podem ser separadas em quatro grupos (Fig. 1), numerados 1, 2, 3 e 4, de sul para norte.

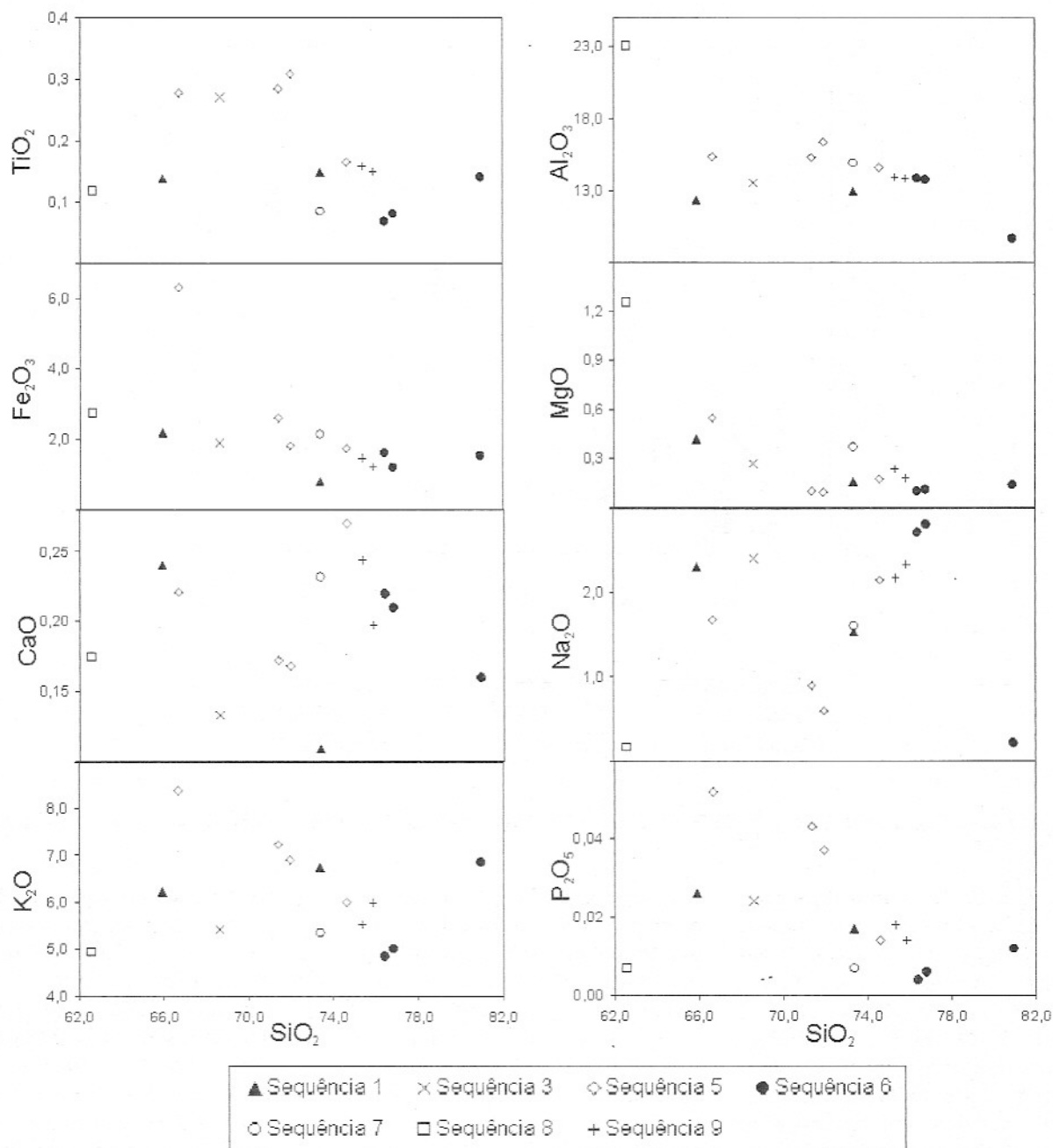


Figura 3 – Diagramas de variação usando elementos maiores (% peso) em relação a SiO_2 para as rochas riolíticas da Bacia de Campo Alegre (SC).

Elementos traços

A análise das variações dos elementos traço confirma as divisões feitas com os maiores, bem definidas pelo Nb e Rb e com alguma dispersão para Sr, Zr e Y.

Nos diagramas da Figura 4, construídos a partir das varia-

ções dos teores dos elementos traço com relação ao SiO_2 , nota-se que, no Grupo 1 (seqüências 1 e 3), os teores de Nb e de Y variam pouco e os teores de Rb mostram variações pouco mais acentuadas. Para Zr e Sr, elas são ainda maiores, ocorrendo tendências pouco claras, com diminuição de

Sr e aumento de Zr até 68,63% de SiO_2 , surgindo inflexões a partir deste ponto. O reduzido número de amostras analisadas não permite conclusões mais precisas a respeito deste grupo, considerando-se apenas os elementos traço.

No Grupo 2 (seqüência 5), embora uma das amostras ana-

lisadas sugira maior oscilação dos teores, fica claro o agrupamento das rochas e a sua separação em um grupo diferente dos demais, definido, principalmente, nos diagramas para Sr, Zr e Nb (Fig. 4). Para Rb e Y, esta divisão não é tão evidente, embora possa, também, ser percebida.

O Grupo 3 (seqüência 8) destaca-se pelos seus teores

mais elevados de Rb (Fig. 4), enquanto nos demais diagramas eles são semelhantes.

Os pontos do Grupo 4 (seqüências 6, 7 e 9) definem nítidas correlações negativas entre Rb, Sr, Zr e Nb e o SiO_2 , para todas as amostras, e sugerem a existência de dois subgrupos, também com correlações negativas para o Y (Fig. 4). Esta subdivisão separa rochas que se

encontram no limite entre os Grupos 2 e 4.

Quando são estudadas as razões entre os elementos traço, utilizando-se o Zr como índice de variação (Fig. 5), destaca-se o Grupo 2, com teores muito elevados desse elemento para três das quatro amostras analisadas. As demais divisões não são tão claras, embora exista um certo alinhamento dos pontos (Fig. 5).

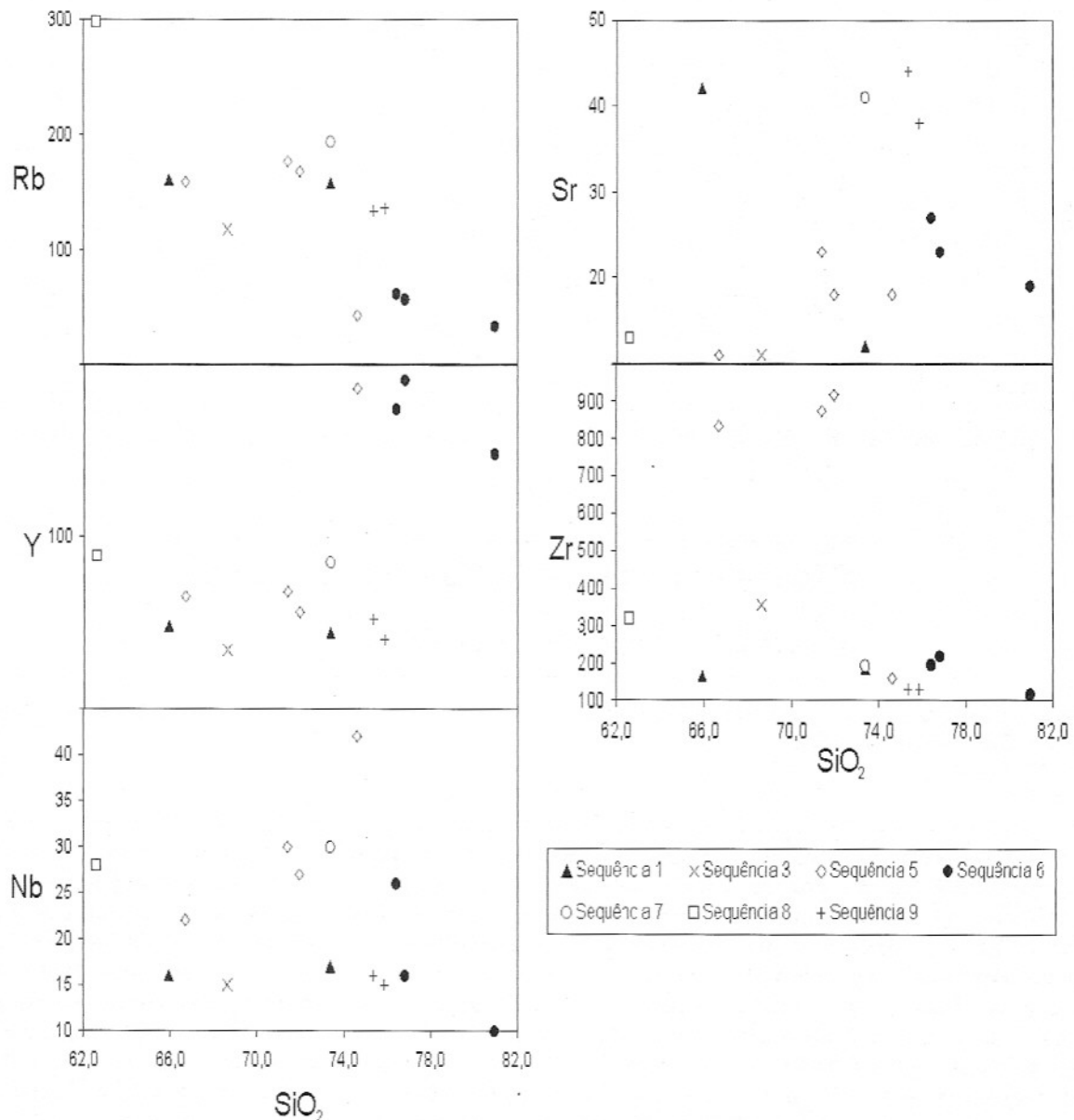


Figura 4 – Diagramas de variação usando elementos traço (ppm) em relação a SiO_2 para as rochas riolíticas da Bacia de Campo Alegre (SC).

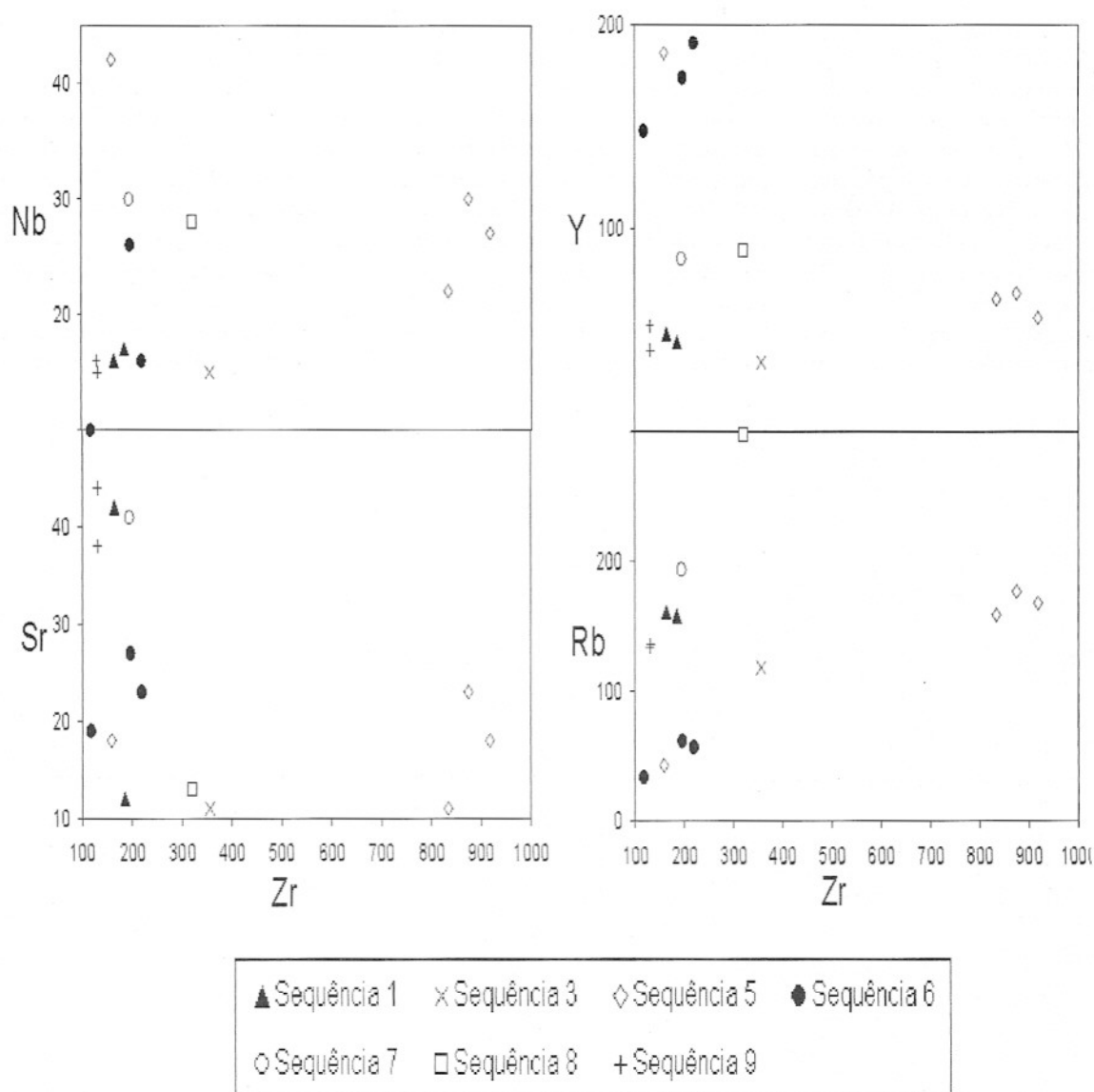


Figura 5 – Diagramas de variação usando elementos-traço (ppm) em relação ao Zr para as rochas riolíticas da Bacia de Campo Alegre (SC).

Utilizando-se a razão Zr/Y em relação ao Zr, mais uma vez a definição dos quatro grupos litoquímicos é evidente (Fig. 2). Para o Grupo 1, há um nítido enriquecimento em Zr das rochas localizadas mais ao sul (mina Floresta) para aquelas mais ao norte da bacia (mina Cambuí). No Grupo 2, o aumento em Zr acha-se ainda mais evidenciado. Os Grupos 3 e 4 representam concentrações com teores inferiores para Zr. O enriquecimento neste elemento parece estar re-

lacionado aos alinhamentos N-S, que indicam deformações em toda a porção leste da bacia.

A análise conjunta das amostras dos quatro grupos litoquímicos, em diagrama discriminante do tipo TAS ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} / \text{SiO}_2$) de Irvine & Baragar (1971), evidencia o enriquecimento em álcalis, a partir do Grupo 4, para os grupos 1 e 2, com um limite nítido entre eles, bem como o empobrecimento do Grupo 3 relativamente aos anteriores

(Fig. 6). Define-se, deste modo, uma tendência mais alcalina para a porção sul da área mapeada e subalcalina para a norte, podendo-se relacionar esse aumento em álcalis a um provável alívio de pressão durante a formação da bacia. O teor reduzido do Grupo 3 poderia ser, também, explicado pela sua associação a uma região de intenso falhamento e hidrotermalismo, com maior lixiviação de elementos ou, ainda, a problemas analíticos.

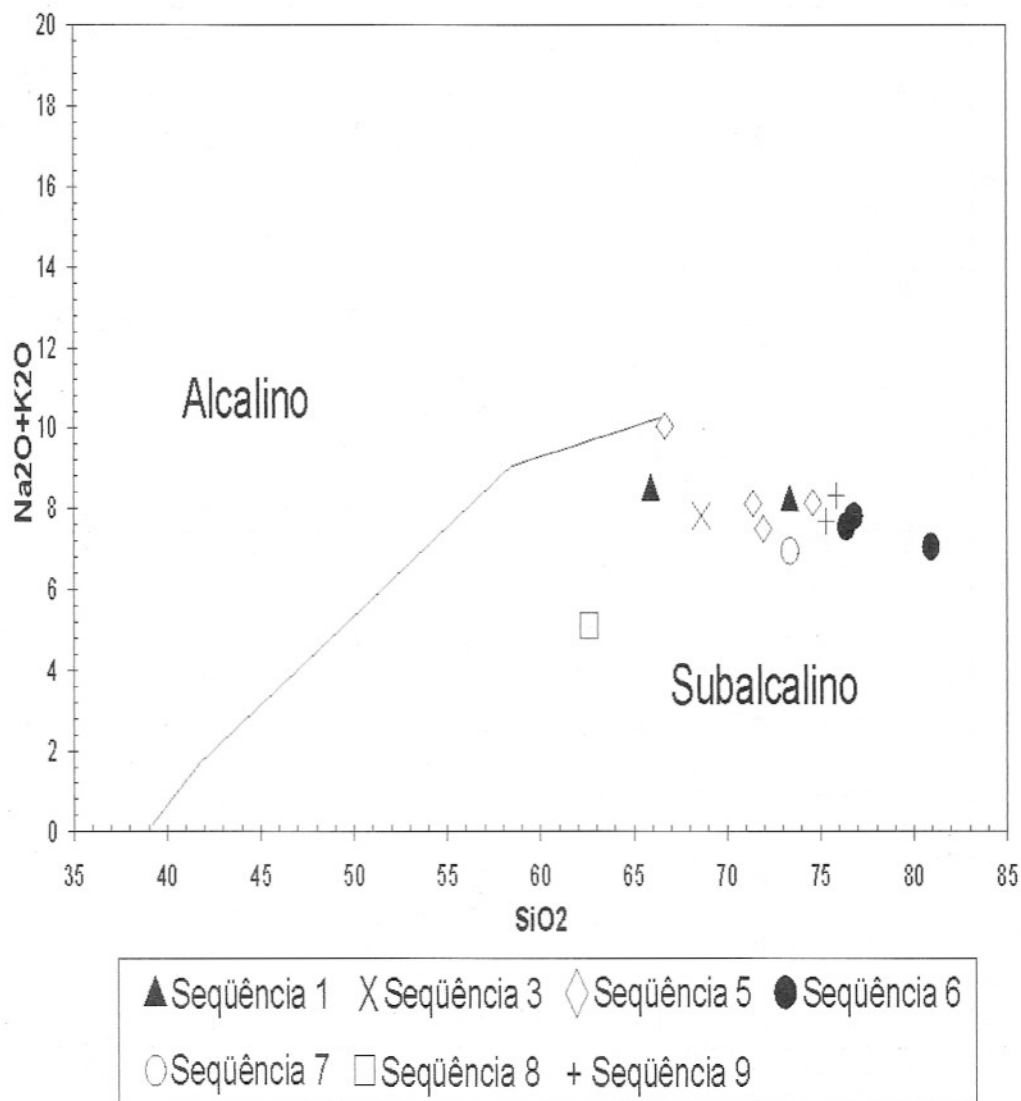


Figura 6 – Diagrama TAS ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$) de Irvine & Baragar (1971), para as rochas riolíticas da Bacia de Campo Alegre (SC).

Rochas traquíticas

Os traquitos destacam-se por formar um agrupamento com características nitidamente diferentes no tocante à maioria dos elementos maiores e para alguns traço (Figs. 7 e 8). Os diques traquíticos definem melhor esta separação, em relação aos derrames.

Deste modo, comparando-se traquitos e riolitos, observa-se que os primeiros possuem teores mais elevados de Fe_2O_3 ,

TiO_2 , K_2O e P_2O_5 , com valores de SiO_2 geralmente mais baixos, excluídas as amostras dos derrames. Analisando-se a variação que ocorre a partir das rochas dos diques, com teores de SiO_2 entre 54,80% e 65,80%, até os derrames (SiO_2 entre 72,99 e 74,50%), definem-se tendências de diminuição de todos os elementos, com exceção do Na_2O (Fig. 7).

Com relação aos elementos traço, a separação entre riolitos e traquitos só é evidente para o

Y, ficando difusa nos demais diagramas (Fig. 8). A partir dos diques até os derrames, observa-se tendência de empobrecimento em Y, Nb e Rb e enriquecimento em Zr, sendo que Sr permanece constante.

Como já observado, riolitos e traquitos caracterizam fases diferentes de formação das rochas, os traquitos representando uma fase vulcânica mais antiga com relação aos riolitos.

Embora tenham sido analisados, apenas, cinco elementos

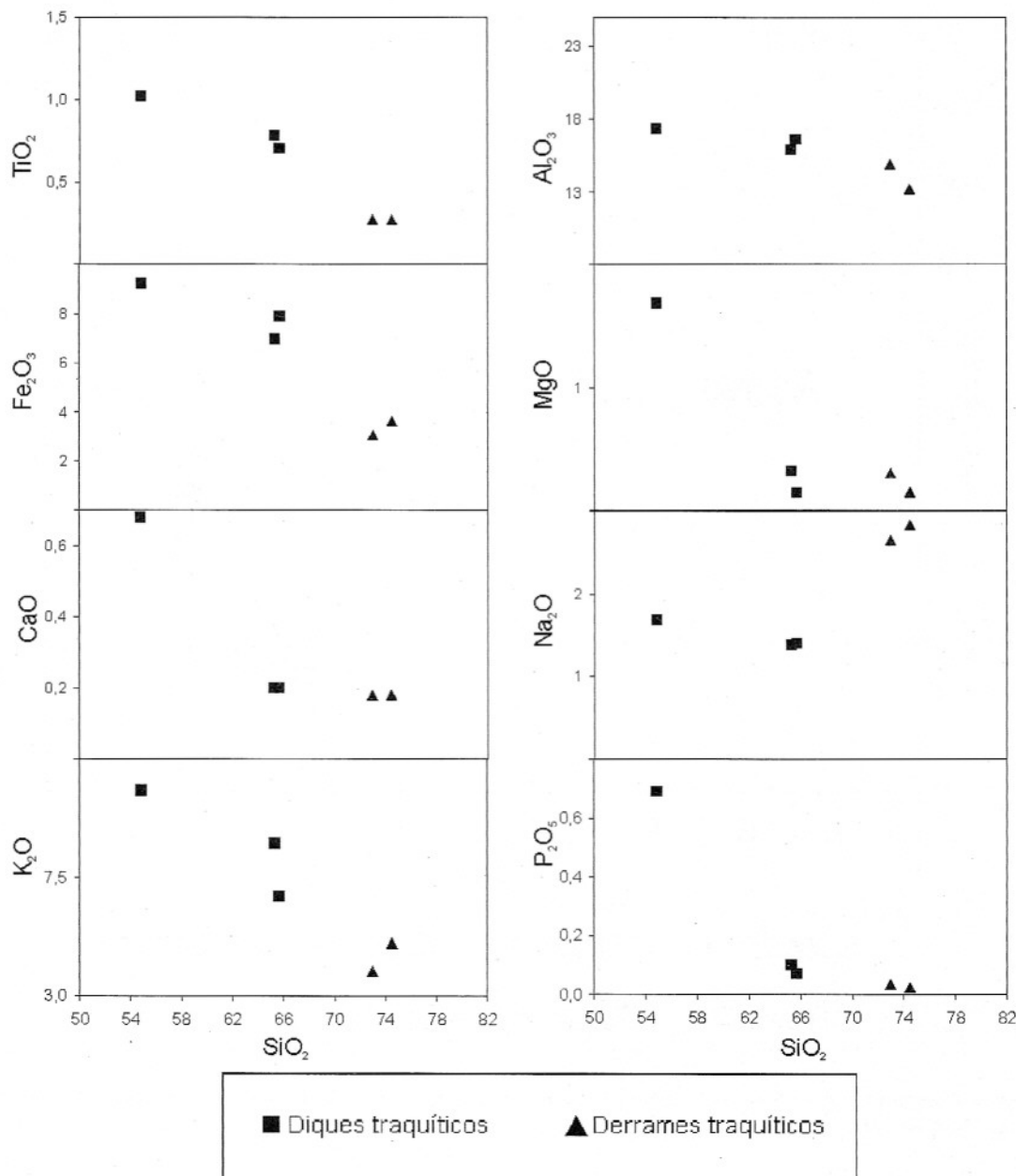


Figura 7 – Diagramas de variação usando elementos maiores (% peso) em relação a SiO₂ para as rochas traquíticas da Bacia de Campo Alegre (SC)

traço, por meio de diagramas multielementares (*spidergrams*), construídos a partir da normalização das amostras pelo manto primordial de Wood *et al.* (1979), verifica-se que todas as rochas possuem comportamentos muito similares, com forte anomalia negativa em Sr. (Fig. 9). Estas semelhanças caracterizam, provavelmente,

uma mesma fonte para geração tanto de traquitos quanto de riolitos, com diferentes fases de fracionamento.

CONCLUSÕES

Embora ao menos dez unidades vulcânicas possam ser reconhecidas na região de Campo

Alegre, nem todas se diferenciam quimicamente. As seqüências 1 e 3 sucederam-se sem variações composicionais perceptíveis, definindo o Grupo litogeoquímico 1, ao qual são adicionadas as seqüências 2 e 4, por proximidade geográfica, uma vez que não foi possível obter-se dados químicos de suas rochas. A 5 (Grupo 2) diferenciou-se quimi-

camente das anteriores e foi sucedida pelas 6, 7, 8 e 9, novamente com quimismo diferente. Embora deva ter-se formado com a mesma composição química das seqüências 6, 7 e 9 (Grupo 4), a seqüência 8 (Grupo 3) destaca-se quimicamente porque suas ro-

chas foram intensamente contaminadas por emanções hidrotermais provenientes das fraturas do sistema EW, principal da área, que segmentou e transformou suas rochas. Ao Grupo 4 é adicionada a seqüência 10, apenas por proximidade geográfica, não sen-

do possível, neste caso, a exemplo das seqüências 2 e 4, obter-se dados químicos dessas rochas.

A separação das rochas riolíticas e traquíticas é evidente, sendo o segundo grupo definido como mais antigo e menos evoluído que o primeiro.

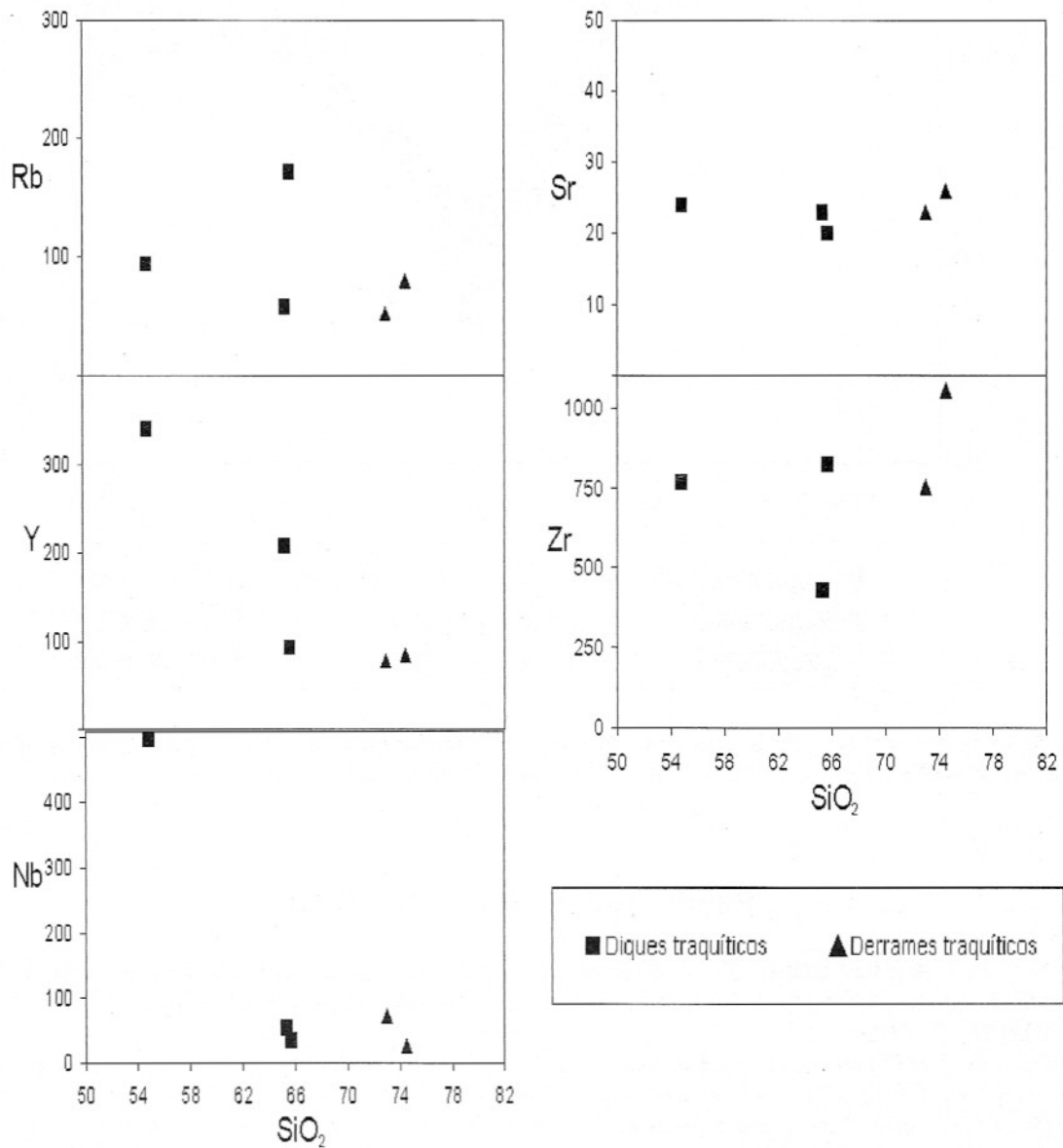


Figura 8 – Diagramas de variação usando elementos-traço (ppm) em relação a SiO_2 para as rochas traquíticas da Bacia de Campo Alegre (SC).

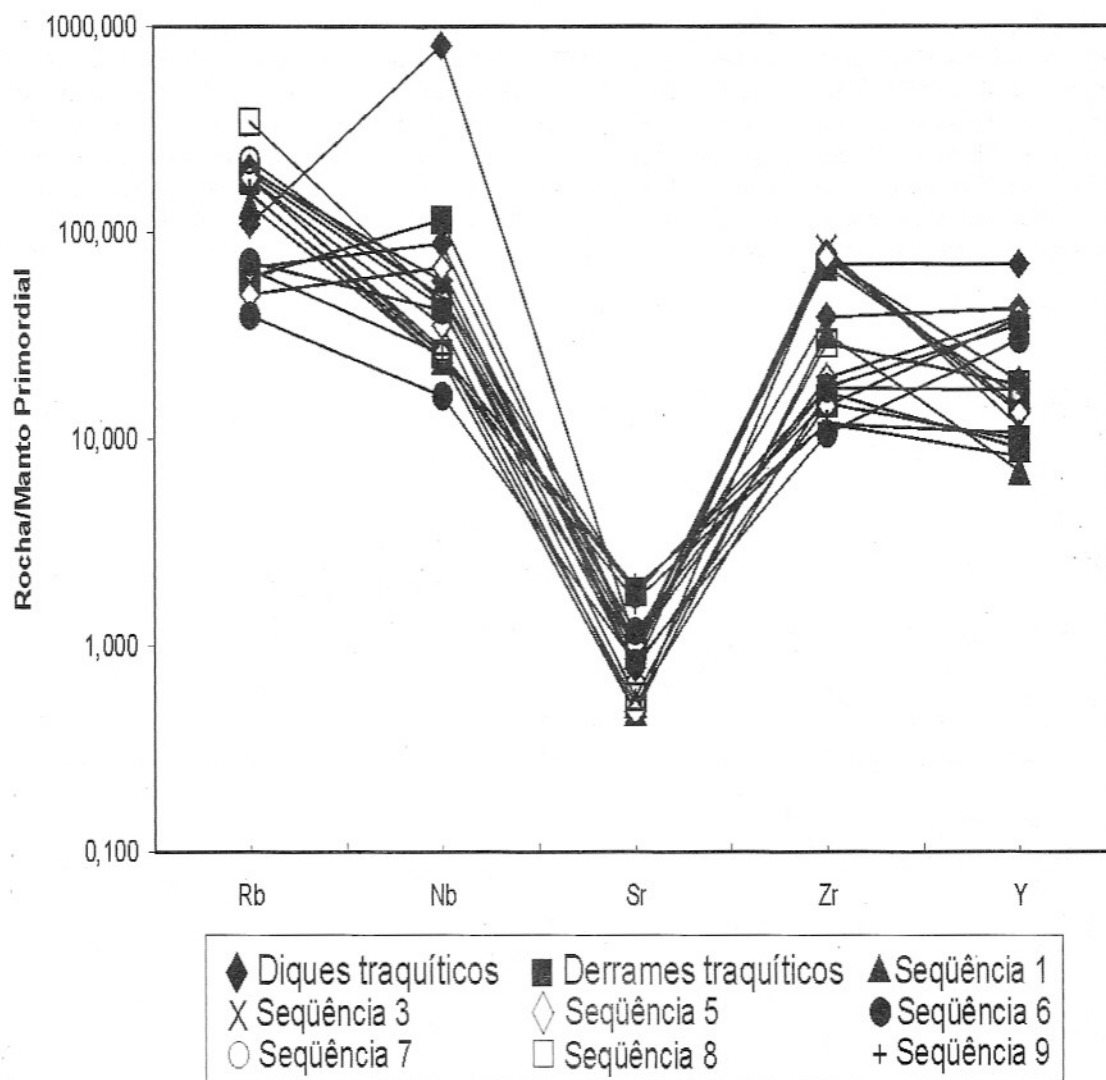


Figura 9 – Spidergrams a partir de elementos traço (ppm) normalizados pelo manto primordial de Wood *et al.* (1979) para as rochas riolíticas e traquíticas da Bacia de Campo Alegre (SC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASEI, M.A.S. & TEIXEIRA, W. (1987) Geocronologia do Pré Cambriano/Eopaleozóico de Santa Catarina. Texto explicativo do mapa geológico de Santa Catarina na escala 1:500.000. DNPM/SCTME(SC), 215p.
- BIONDI, J.C. (1998) Modelo genético dos depósitos de caulim Floresta, Cambuí, Turvo e Aruanã (SC-BR). *In*: Congr. Bras. Geol., 40, Belo Horizonte. SBG, Anais, p.152.
- BIONDI, J.C. (1999) Geologia e gênese dos depósitos de caulim Floresta e Cambuí (Formação Campo Alegre – SC): 2. Petroquímica e modelo genético. *Rev. Bras. Geoc.*, **29**(2):151-156.
- BIONDI, J.C. & FURTADO, L.I. (1999) Geologia e gênese dos depósitos de caulim Floresta e Cambuí (Formação Campo Alegre – SC): 1. Faciologia e mineralogia das rochas e minérios. *Rev. Bras. Geoc.*, **29**(2):141-150.
- CITRONI, S.B. (1998) Bacia de Campo Alegre (SC) – Aspectos petrológicos, estratigráficos e caracterização geotectônica. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 185p.

- CITRONI, S.B. & BASEI, M.A.S. (1999) Estratigrafia e paleogeografia da região de Campo Alegre – SC. *In: Simp. Sobre Vulcanismo e Ambientes Associados*, 1, Gramado, Boletim de Resumos, p.55.
- DAITX, E.C. (1979) Projeto Guaratubinha-Pien. BRASIL. Convênio DNPM/CPRM. Relatório inédito, São Paulo, 184p.
- EBERT, H. (1971) O Grupo Guaratubinha no norte do Estado de Santa Catarina. *In: Congr. Bras. Geol.*, 25, São Paulo. *Anais* 2:153-157.
- IRVINE, T.N. & BARAGAR, W.R.A. (1971) A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8(5):523-548.
- SILVA, L.C. (1987) Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina. Texto do mapa geológico de Santa Catarina na escala 1:500.000. DNPM/SCTME(SC), 215p.
- THORNTON, C.P. & TUTTLE, D.F. (1960) Chemistry of igneous rocks. 1. Differentiation index. *Amer. J. Sci.*, 258:664-684.
- VASCONCELLOS, E.M.G.; BIONDI, J.C.; VANZELA, G.A. (1999) Geoquímica das rochas e minérios da região das minas de caulim da Bacia de Campo Alegre (SC). *In: Congr. Geoq. dos Países de Língua Portuguesa*, 5 e Congr. Bras. Geoq., 7, Porto Seguro. *Anais*, p.289-291.
- WOOD, D.A.; JORON, J.L.; TREUIL, M.; NORRY, M.; TARNEY, J. (1979) Elemental and Sr isotope variations in basic lavas from Iceland and surrounding ocean floor. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 70:319-339.