UMA CLASSIFICAÇÃO QUÍMICO-MINERALÓGICA DAS ROCHAS PLUTÔNICAS COMUNS E SUAS ASSOCIAÇÕES, MÉTODO E APLICAÇÕES

FRANÇOIS DEBON*, PATRICK LE FORT* e PIERRE SABATÉ**

ABSTRACT A CHEMICAL-MINERALOGICAL CLASSIFICATION OF COMMON PLUTONIC ROCKS AND THEIR MAGMATIC ASSOCIATIONS: METHODS AND APPLICATIONS. A classification has been proposed (Debon & Le Fort 1983), based mainly on major element analytical data plotted in a coherent set of three simple chemical-mineralogical diagrams: $Q = Si/3 - (K + Na + 2Ca/3)$ vs. $P = K - (Na + Ca)$ ("nomenclature" diagram, adapted from La Roche 1964, 1966; parameters as gram-atoms $\times 10^3$ or millications in 100 g of rock); $A = Al - (K + Na + 2Ca)$ vs. $B = Fe + Mg + Ti$ ("characteristic minerals" diagram; parameters of Shand 1927, and La Roche 1964, again expressed as gram-atoms $\times 10^3$ in 100 g of rock); quartz-dark minerals-feldspars + muscovite ("Q-B-F" triangular diagram; parameters in weight percent, directly calculated from chemical analyses; La Roche 1964, Moine 1974). The procedure follows two complementary steps at two different levels, each using the three diagrams. The first is concerned with the individual sample; the sample is given a name (e.g. granite, granodiorite, gabbro,...) and its chemical and mineralogical characteristics are determined (e.g. its more or less aluminous character). The second one, more important, aims at defining the type of magmatic association to which the studied sample or group of sample belongs. Three main types of associations are distinguished: cafermic (approximately equivalent to the I-type of Chappell & White 1974), aluminous (similar to the S-type), and aluminous-cafermic (intermediate between the other two types). Subtypes are then distinguished among the cafermic and aluminous-cafermic associations: tholeiitic (or gabbroic-trondhjemitic), calc-alkaline (or granodioritic), subalkaline (or monzonitic), alkaline (and peralkaline), etc. In the same way, numerous subtypes and variants are also distinguished among the aluminous associations using a set of complementary criteria such as quartz content, colour index, alkali ratio, quartz-dark minerals-alkalies relationships and alumina index. Although involving a new approach using partly new criteria, this classification is consistent with most of the divisions used in previous typologies. It has been put to use and tested on numerous examples and has shown to be easy to implement, coherent, comprehensive, and very discriminant. Based on chemical data, it may also be used in the typology of the volcanic rocks. As an example, the typology is applied to three plutonic belts of the Himalaya, South Tibet.

INTRODUÇÃO Uma classificação natural, coerente e exaustiva das rochas ígneas e de suas associações magmáticas é uma exigência prévia indispensável a toda cartografia dos domínios cristalinos, a toda pesquisa sobre a gênese e a evolução dos magmas, a toda tentativa de correlação entre magmatismo e fenômenos geodinâmicos ou potencialidades metálféricas e, de um modo mais geral, a todo diálogo sobre o plutonismo ou o vulcanismo. Os numerosos trabalhos recentemente consagrados à pesquisa de tal classificação demonstram o interesse desta última assim como demonstram a dificuldade que há para alcançar uma solução aprovada por todos.

Após vários petrólogos franceses e de outras nacionalidades, notadamente de H. de La Roche, foi proposta recentemente uma classificação, baseada sobre dados químicos quantitativos (elementos maiores), do conjunto das rochas plutônicas (ou vulcânicas) comuns (dos gabros aos ... leucogranitos) e de suas associações (Debon & Le Fort 1983, 1984).

Apresenta-se aqui, sob uma forma condensada, o encaminhamento preconizado para se edificar essa classificação. Este trabalho agrupa e sintetiza os anteriores citados dos mesmos autores (Debon e Le Fort), é seguido e ilustrado por exemplos relativos a três cinturões plutônicos do Himalaia, a sul do Tibete numa versão traduzida para o Português pelo terceiro autor (Sabaté).

TIPOLOGIA DE UMA AMOSTRA Definir a tipologia de uma amostra consiste em lhe dar um nome e em destacar suas características químico-mineralógicas.

Nomenclatura O diagrama escolhido para designar uma rocha ígnea – chamado de *diagrama de nomenclatura* – asso-

cia os dois parâmetros $Q = Si/3 - (K + Na + 2Ca/3)$ função de $P = [K - (Na + Ca)]$ (La Roche 1964, 1966; Fig. 1; ver Tabela 2 para exemplo de cálculo). Seu parâmetro Q é proporcional à carga ponderal em quartzo das rochas graníticas comuns. Como o quartzo, o feldspato potássico e os plagioclásios distribuem-se nos três vértices de um triângulo, este diagrama parece bem adaptado ao estabelecimento de uma nomenclatura baseada nos minerais claros.

Utilizando a nomenclatura de La Roche (1966) e Streckeisen (1974, 1976), superpusemos a este diagrama um novo quadro de classificação (Fig. 1) em que cada compartimento (1 a 12) corresponde a um grupo petrográfico (granito, adamelito, etc). Nossa nomenclatura baseia-se nesse quadro, cuja construção foi guiada pelas observações petrográficas com vistas a obter a melhor superposição possível com a classificação mineralógica clássica de Streckeisen (1974, 1976). Posto isto, distorções podem aparecer entre as duas classificações: umas voluntárias (optou-se por estender o domínio dos granitos à custa do domínio dos adamelitos), as outras inerentes aos parâmetros escolhidos (caso das rochas muito ricas em minerais coloridos – biotita, ortopiroxênio, olivina etc. – ou em moscovita etc).

Caráter peraluminoso ou metaluminoso. Sua expressão mineralógica Segundo o valor positivo ou negativo de seu parâmetro (em átomo-g ou cátion) $A = [Al - (K + Na + 2Ca)]$ (Shand 1927; exemplo de cálculo na Tabela 2), uma rocha é dita peraluminosa ou metaluminosa.

É importante definir o caráter peraluminoso ou metaluminoso de uma rocha na medida que ele é o reflexo direto da natureza e das proporções dos seus minerais característicos

* Centre de Recherches Pétrographiques et Geochimiques, P.B. 20, 54501, Vandoeuvre - lis - Nancy, France

** ORSTOM - France; UFBa. Alameda da Barra, Caixa Postal 4021, CEP 40000, Salvador, BA, Brasil

Tabela 1 – As 12 composições-tipo utilizadas como sistema de referência para a tipologia químico-mineralógica das rochas plutônicas comuns.*

Grupo petrográfico	gr	ad	gd	tp	sq	mzq	mzdq	dq	s	mz	mzgo	go
Número da casa na figura 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	94	194	208	60	5	10	27	36	2	8	6	20
SiO ₂	73,67	71,58	67,02	62,98	66,34	62,89	59,13	55,22	60,40	57,48	53,83	47,02
Al ₂ O ₃	13,79	14,39	15,38	16,20	15,98	14,64	16,76	16,97	18,49	16,92	16,09	16,12
Fe ₂ O ₃ t	1,54	2,31	4,01	5,55	3,66	5,07	6,91	8,16	4,31	6,16	8,67	10,04
MnO	0,03	0,05	0,08	0,10	0,07	0,09	0,13	0,15	0,12	0,12	0,16	0,16
MgO	0,32	0,60	1,43	2,34	0,37	1,55	2,56	4,17	0,70	2,34	3,52	8,15
CaO	0,84	1,80	3,77	5,65	1,12	3,57	5,56	7,98	2,48	5,10	6,99	11,89
Na ₂ O	3,27	3,58	3,54	3,32	4,75	4,00	3,61	3,08	5,10	4,15	3,93	2,30
K ₂ O	5,13	4,23	2,99	1,67	5,73	4,44	3,04	1,39	6,10	4,49	2,74	0,60
TiO ₂	0,21	0,29	0,50	0,57	0,46	0,75	0,83	0,94	0,46	0,86	1,26	1,26
P.F.	0,77	0,78	0,98	1,17	0,95	1,32	1,04	1,55	1,40	1,72	1,97	2,12
Total	99,57	99,61	99,70	99,55	99,43	99,32	99,57	99,61	99,56	99,34	99,16	99,66
Ba	414	552	579	378	229	481	639	335	718	700	850	175
Co	41	41	49	54	22	32	43	57	6-11	32	38	66
Cr	2-11	7-13	19-21	37	0-10	15-20	28-30	65	0-10	37-41	55	299
Cu	3-12	3-12	10-16	10-17	11-15	14-17	22-15	38-40	0-10	60-63	21-24	61-62
Ni	2-10	6-12	17-19	32	0-10	10-14	23-25	50	0-10	21-25	42	125
Rb	235	171	103	48	236	163	108	39	157	142	65	15-29
Sr	126	195	322	303	92	299	417	358	284	650	848	417
V	17-21	33-34	79	118	19-21	71	121	200	7-12	115	205	274
Q	185	172	149	140	81	83	82	83	12	28	31	33
P	-11	-57	-117	-172	-51	-99	-150	-212	-79	-129	-194	-273
A	26	13	-10	-27	-2	-44	-50	-82	-20	-80	-120	195
B	30	48	92	135	61	111	160	218	78	147	212	346
F	340	335	314	280	413	361	313	254	465	380	312	176
(Na + K)	214	205	178	143	275	223	181	129	295	230	185	87
K/(Na + K)	0,51	0,44	0,36	0,25	0,44	0,42	0,36	0,23	0,44	0,42	0,31	0,15
Mg/(Fe + Mg)	0,30	0,34	0,42	0,46	0,16	0,38	9,43	0,50	0,25	0,43	0,45	0,62
% Quartzo	33,3	31,0	26,8	25,2	14,6	15,0	14,8	14,9	2,2	5,0	5,6	6,0
% Minerais escuros	5,4	8,6	16,6	24,3	11,0	20,0	28,8	39,3	14,1	26,5	38,2	62,3
Peso Feldspatos + moscovita	61,3	60,4	56,6	50,5	74,4	65,0	56,4	45,8	83,7	68,5	56,2	31,7

* Essas 12 composições-tipo são valores médios obtidos a partir de um conjunto homogêneo de 670 amostras colhidas pelos autores em plútons do Afeganistão e analisados por K. Govindaraju no quantômetro (espectrometria de emissão) do CRPG, Nancy, França (Debon et. al. 1987). A repartição dessas amostras em 12 grupos petrográficos baseia-se sobre sua localização dentro do quadro de classificação do diagrama de nomenclatura (Fig. 1): gr, granito; ad, adamélito; gd, granodiorito; to, tonalito; sq, quartzó-sienito; mzq, quartzó-monzonito; mzdq, quartzó-monzodiorito; dq, quartzó-diorito; s, sienito; mz, monzonito; mzgo, monzogabro; go, gabro; n, número de amostras analisadas; Fe₂O₃ t = ferro total, dosado sob forma férrica; L.I. = perda ao fogo. Os teores em elementos-traço são dados em p.p.m. O significado dos parâmetros e o modo de cálculo são dados na tabela 2. Segundo Debon & Le Fort (1983)

(minerais outros que o quartzo e o feldspato, incluindo principalmente os coloridos e a moscovita). Isso posto, o parâmetro A não permite por si só apreender com precisão essa expressão mineralógica; para conseguí-la, é necessário associá-lo com outro parâmetro tal como B = Fe + Mg + Ti [parâmetro B, o qual La Roche (1964) mostrou ser proporcional à carga ponderal em minerais coloridos nas rochas graníticas comuns (Tab. 2)].

O diagrama A em função de B assim realizado é chamado de *diagrama dos minerais característicos* ou do *balanço aluminoso* (Fig. 2). Sua metade superior (A positivo) corresponde ao domínio das rochas e dos minerais peraluminosos e sua metade inferior, ao dos metaluminosos. Ele permite apreender muito rapidamente a natureza e as proporções relativas dos principais minerais característicos suscetíveis de ser representados numa rocha. Sua divisão em seis setores – nu-

Figura 1 - Diagrama Q-P ou diagrama de nomenclatura para as rochas ígneas comuns segundo La Roche (1964, 1966), modificado. Seus parâmetros são expressos em átomo-grama $\times 10^3$ (milicátion) em 100 g de rocha ou de mineral (ver tabela 2 para exemplos de cálculo). Cada compartimento do quadro corresponde a um grupo petrográfico: 1. gr, granito; 2. ad, adamalito; 3. gd, granodiorito; 4. to, tonalito/(trondhjemito); 5. sq, quartzio-sienito; 6. mzq, quartzio-monzonito; 7. mzdq, quartzio-monzodiorito; 8. dq, quartzio-diorito, (quartzio-gabro, quartzio-anortosito); 9. s, sienito; 10. mz, monzonito; 11. mazgo, monzogabro (monzodiorito); 12. go, gabro (diorito, anortosito). As 12 composições-tipo adotadas como sistema de referência (Tab. 1) são indicadas por pontos pretos. O asterisco corresponde ao exemplo desenvolvido na tabela 2. "Q" = quartzio/(quartzio + feldspatos + moscovita), % em volume.

Para as rochas vulcânicas, a nomenclatura é a seguinte: 1. riolito; 2. delenito; 3. riocacito; 4. dacito; 5. quartzio-traquito; 6. quartzio-latito; 7. quartzio-latiandesito; 8. quartzio-andesito (quartzio-basalto); 9. traquito; 10. latito; 11. latibasalto (latiandesito); 12. basalto (andesito). Para permitir a reprodução com precisão deste quadro de classificação são dadas as seguintes coordenadas: dentro de cada par de dados, o primeiro valor é o do parâmetro P e o segundo, do Q; os valores fora de parênteses correspondem aos pontos de intersecção das linhas do quadro; os valores entre parênteses correspondem a pontos quaisquer das linhas do quadro: -216,238; -119, 242; -59, 244; -17, 245; 105, 250; (-230, 190; -134, 190; -71, 190; -29, 190; 90, 190; -256, 132; -156, 136; -89, 137; -44, 140; 75, 140); -274, 100; -172, 104; -103, 107; -55, 109; (-30, 110); 64, 110; (-187, 79; -125, 70; -69, 77); -311, 57; (-224, 57); -205, 55; -143, 48; -88, 43; (-40, 38); 30, 26; -377, 0; -257, 0; -188, 0; -117, 0; 16, 0. Segundo Debon & Le Fort (1983).

merados de I a III no domínio peraluminoso e de IV a VI no outro domínio - por semi-retas vindas da origem facilita essas estimativas. Assim, em primeira análise, pode-se considerar que as rochas localizadas no setor I têm duas micas, com moscovita > biotita (em volume); II, rochas com duas micas, com biotita > moscovita; III, rochas com biotita; IV, rochas com biotita, anfíbólio $\pm$ piroxênio; V, rochas com clinopiroxênio, anfíbólio, ...; e VI, somente as rochas excepcionais (carbonáticas, por exemplo) deveriam estar nele. Praticamente, o número do setor no qual localiza-se uma amostra qualquer deverá sempre aparecer em sua definição.

Em contrapartida do seu forte poder discriminante, esse diagrama A-B exige análises químicas muito confiáveis.

Cargas em quartzo, coloridos e feldspatos (+moscovita) Rochas que recebem a mesma denominação (por exemplo, granito) podem apresentar cargas muito diferentes em quartzo (Q), coloridos (B) e feldspatos (F). É então importante dar com precisão esse aspecto da definição tipológica de uma amostra. Duas condições são necessárias:

a. Calcular as cargas Q, B e F da amostra. Sabe-se (La Roche 1964) que as cargas ponderais em quartzo (Q), coloridos (B) e feldspatos (+moscovita) (F) de uma rocha granítica comum podem ser facilmente calculadas a partir dos dados químicos, com a ajuda de parâmetros $Q = [Si/3 - (K + Na + 2Ca/3)]$, $B = Fe + Mg + Ti$ e $F = [555 - (Q + B)]$ (expressos em átomo-grama $\times 10^3$ ou milicátion para 100 g de rocha; ver tabela 2 para exemplo de cálculo).

b. Dispor de um sistema de composições referenciais com as quais possamos confrontar a amostra estudada. O sistema que escolhemos é o objeto da tabela 1. Ele reúne 12 composições-tipo correspondendo aos 12 grupos do diagrama de nomenclatura (Fig. 1).

Na prática, as cargas Q, B e F da amostra estudada são calculadas e depois transformadas em porcentagens ponderais (Tab. 2) antes de serem reportadas num diagrama triangular quartzo (Q)-coloridos (B)-feldspatos (+moscovita) (F) (diagrama Q-B-F; Moine 1974), onde aparecem as 12 fácies-tipo do sistema de referência (Fig. 3). A amostra poderá, desta forma, ser facilmente comparada com a fácies-tipo possuindo

Figura 2 - Diagrama A-B ou diagrama dos minerais característicos ou do balanço aluminoso. Os parâmetros são expressos em átomo grama $\times 10^3$ (milicátion) em 100 g de rochas ou de minerais (ver tabela 2 para exemplo de cálculo). Cada um de seus setores (numerados de I a VI) corresponde a uma composição mineralógica específica (ver diagrama da esquerda e o texto). Partindo das composições mineralógicas específicas reais ou teóricas, os seguintes minerais foram postos no diagrama à esquerda, (A): Am, anfíbólio; And, andalusita; Ap, apatita; Bi, biotita (domínio listrado); Cd, cordierita; Chl, clorita; Ct, calcita; Di, diopsídio; Ep, epidoto; Fk, feldspato potássico; Gr, granada piralspita; Hb, hornblenda; Hy, hiperstênio; Ilm, ilmenita; Mt, magnetita; Mu, moscovita; Ol, olivina; Pl, plagioclásio; Q, quartzo; Sill, silimanita; Sph, esfênio; Tr, turmalina. No diagrama da direita, (B), as 12 composições-tipo (Tab. 1) são representadas por pontos pretos; o asterisco corresponde ao exemplo desenvolvido na tabela 2. Segundo Debon & Le Fort (1983)

a mesma nomenclatura e definida então como rica, banal ou pobre em quartzo, coloridos e feldspatos (+ moscovita) (tab. 2).

Outras características Chegando neste ponto da definição tipológica de uma amostra, resta ainda, sempre em comparação com o sistema de composições-tipo (Tab. 1): caracterizar a amostra a nível de carga em alcalinos (Na + K) e de suas razões K/(Na + K) e Mg/(Fe + Mg); e evidenciar todas as anomalias de composição, relativas a um ou outro de seus elementos maiores, de seu traços ou até de sua perda ao fogo.

A tabela 2 e o item de Aplicação no Himalaia, dão exemplos de tipologia químico-mineralógica de amostras.

TIPOLOGIA DE UMA ASSOCIAÇÃO Uma associação magmática pode ser definida como um conjunto de rochas ígneas apresentando características comuns e proveniente da

mesma estrutura (plúton, batólito, cinturão plutônico etc.). Para definir a tipologia de uma associação propusemos uma aproximação em duas etapas.

Primeira etapa: discriminação dos três grandes tipos de associações magmáticas

Vários autores (e.g. Chappell & White 1974, La Roche 1979, etc.) sublinharam a importância do caráter mais ou menos aluminoso de uma associação magmática como critério de discriminação. Este caráter está, de fato, estreitamente correlacionado com as modalidades genéticas (natureza do material fonte, contexto geodinâmico etc.) e as potencialidades metalogenéticas do material ígneo. Isso explica que tenhamos retido tal tipo de caráter como critério básico para a tipologia das associações magmáticas.

Dentro dessa perspectiva, o diagrama dos minerais característicos ou o do balanço aluminoso revela-se muito perti-

Tabela 2 – Exemplo de cálculo dos parâmetros utilizados* e de tipologia químico-mineralógica de uma amostra**

	a	Peso	b	a/b x 10 ³	Parâmetro
	Óxido %	molecular	fator	átomo-grama	
SiO ₂	74,16	60	60	1.236	Q = [Si/3 - (K + Na + 2 Ca/3)] = 178
Al ₂ O ₃	14,89	102	51	292	P = [K - (Na + Ca)] = -78
Fe ₂ O _{3t}	0,59	160	80	7	A = [Al - (K + Na + 2 Ca)] = 41
MnO	0,10	71	71	1	B = (Fe + Mg + Ti) = 12
MgO	0,16	40	40	4	F = [555 - (Q + B)] = 365
CaO	0,75	56	56	13	(Na + K) = 225
Na ₂ O	4,49	62	31	145	K/(Na + K) = 0,36
K ₂ O	3,75	94	47	80	Mg/(Fe + Mg) = 0,36
TiO ₂	0,06	80	80	1	Q (quartzo) = 32,1
P.F.	0,59				Peso B (minerais escuros) = 2,2
					% F (feldspatos + muscovita) = 65,7
Total	99,54				

* Elementos-traços (p.p.m): Ba 29, Co 72, Cr < 10, Cu < 10, Ni < 10, Rb 287, Sr 12, V < 10

** A amostra estudada é a de um dique do cinturão Norte-Himalaia (Sul do Tibete) analisado com o quantômetro do CRPG, Nancy, França, por K. Govindaraju. Segundo a classificação proposta, trata-se de um granodiorito (próximo dos adamelitos) (Fig. 1), peraluminoso (I) (Fig. 2), muito pobre em coloridos (leucocrático) mais rico em quartzo, feldspatos + moscovita (Fig. 3) e alcalis (por excesso de K e Na), muito empobrecido em Ca, Ba, Cr, Cu, Ni, Sr e V mas rico em Rb, com razão Mg/(Fe + Mg) bastante fraca. A localização desta amostra no setor I do diagrama dos minerais característicos (Fig. 2) sugere que se trata de uma rocha em duas micas, com moscovita > biotita (em volume). O microscópio confirma essas informações e permite acrescentar que esta rocha contém também granadas. Fe₂O_{3t} = ferro total, dosado sob forma férrica; P.F. = perda ao fogo. Átomo-grama x 10³ = milicátion. Os parâmetros B = (Fe + Mg + Ti) e Mg/(Fe + Mg) são calculados com Fe = ferro total. Segundo Debon & Le Fort (1984)

Figura 3 – Diagrama triangular quartzo-coloridos-feldspatos + moscovita ou diagrama Q-B-F. Os parâmetros são calculados a partir dos dados químicos e expressos em percentagens ponderais (ver tabela 2 para exemplo de cálculo). O quadro de classificação da figura 1 foi transposto neste triângulo e as 12 composições-tipo do sistema de referência (Tab. 1) são, aqui também, representadas por pontos pretos. Todos os feldspatos, neste diagrama, sendo agrupados num mesmo ponto, o quadro não pode ser mais utilizado como quadro de nomenclatura; seu papel consiste simplesmente em facilitar a apreensão das características de uma amostra, de nomenclatura conhecida, concernente a suas cargas em quartzo, feldspatos (+ moscovita) e coloridos. O asterisco corresponde ao exemplo desenvolvido na tabela 2. Segundo Debon & Le Fort (1983)

As diferentes categorias (subtipos, variantes) de associações cafêmicas que as dois diagramas permitem identificar segundo a localização e o *trend* evolutivo que ali mostram essas associações – são as seguintes:

SUBTIPOS	VARIANTES
●Tolítico (ou gabro-trondhjemítico)	
●Calcicalcino (ou granodiorítico)	
●Subalcino (ou monzonítico)	<ul style="list-style-type: none"> { escuro { claro { composto
●Alcino (e peralcino)	<ul style="list-style-type: none"> { saturado escuro { supersaturado claro { composto

As principais características de cada um dos quatro subtipos e das seis variantes são expostas nas figuras 5 e 6, assim como no “Glossário”.

As diferentes categorias de associações cafêmicas assim postas em evidência correspondem a uma divisão clássica das séries magmáticas, tanto plutônicas quanto vulcânicas.

DISCRIMINAÇÃO DAS DIFERENTES ASSOCIAÇÕES ALUMINO-CAFÊMICAS A discriminação é realizada utilizando os mesmos diagramas, os mesmos critérios e o mesmo vocabulário que os empregados para as associações cafêmicas. Os subtipos e as variantes das associações aluminocafêmicas são então, em princípio, os mesmos que os das associações cafêmicas. Todavia, o fato das associações aluminocafêmicas estarem, de uma forma quase geral, exclusivamente compostas de termos claros, torna pouco provável a existência, no meio dessas associações, de variantes subalcalinas escuras ou alcalinas saturadas, ou ainda de subtipos tolíticos comportando gabros ou dioritos. Em contrapartida, um subtipo granito-trondhjemítico pode existir aqui (sua definição é dada no “Glossário”).

DISCRIMINAÇÃO DAS DIFERENTES ASSOCIAÇÕES ALUMINOSAS As associações aluminosas são geralmente constituídas por rochas com duas micas ou com biotita. Essa relativa uniformidade de composição mineralógica esconde uma surpreendente diversidade tipológica (La Roche *et al.* 1980, Stussi *et al.* 1981) e seria, no momento, ilusório e arbitrário aplicar-lhes um método de classificação rígido e muito estruturado. Por isso, em vez de uma verdadeira classificação, propomos aqui um conjunto de critérios complementares, importantes de se considerar para alcançar a definição exaustiva de uma associação aluminosa. A hierarquia interna desse conjunto de critérios pode variar segundo a natureza do problema tratado (cartografia, petrogênese, potencialidades metalogênicas...) e a região estudada, mas nenhum deles deve ser negligenciado a priori.

A lista dos critérios propostos para a discriminação das diferentes associações aluminosas é a seguinte:

CRITÉRIOS	NATUREZA DAS ASSOCIAÇÕES
●Carga em quartzo	<ul style="list-style-type: none"> { rica em quartzo { banal em quartzo { pobre em quartzo
●Carga em coloridos	<ul style="list-style-type: none"> { leucocrática { subleucocrática { mesocrática
●Razão dos alcalinos	<ul style="list-style-type: none"> { potássico { sodi-potássico { sódico
●Relação quartzo-coloridos - alcalinos	<ul style="list-style-type: none"> { com evolução sílico-potássica { com evolução sílico-sódica { com evolução silicosa { com evolução potássica { com evolução sódica { com quartzo decrescente { sem evolução significativa
●Índice aluminoso	<ul style="list-style-type: none"> { muito fortemente aluminosa { fortemente aluminosa { medianamente aluminosa { fracamente aluminosa { muito fracamente aluminosa
●Localização e inclinação no diagrama dos minerais característicos	
●Características das amostras (nomenclatura, particularidades químico-mineralógicas, ...)	

A definição dos cinco primeiros critérios desta lista é dada no “Glossário” e nas figuras 7 e 8. Os dois últimos são explicitados em Debon & Le Fort (1983). Todos eles, enfim, são ilustrados pelos exemplos dados no item de Aplicação para cinturões do Himalaia.

CRITÉRIOS ADICIONAIS Critérios suplementares podem ser integrados aos já apresentados para definir as diferentes categorias de associações magmáticas. De fato, da mesma forma que há *granitos* e *granitos*, há também *associações cálcio-alcalinas* e *associações calcicalcinalinas* ou *associações subalcalinas claras* e *associações subalcalinas claras* etc. Na prática, isso significa que a definição precisa de uma associação deve possuir uma descrição precisa dos termos que a compõem. Partindo dessa descrição, distinções fundadas, por exemplo, sobre o *caráter magnésiano ou ferrífero* (“Glossário”; Debon & Le Fort 1988), ou sobre a natureza do termo petrográfico dominante poderão ser levadas em conta.

Entre as associações estudadas, algumas poderão apresentar caracteres intermediários entre um e outro tipo, ou subtipo ou variante. Em vez de querer ligar a todo custo tais associações a uma categoria bem determinada, convém descrevê-las como transicionais entre os diferentes tipos, ou subtipos, ou variantes. Essa atitude se justifica perfeitamente à medida que, na natureza, as diferentes categorias de rochas ou de associações não constituem entidades bem delimitadas, mas formam um *continuum*.

Figura 7 – Aplicação do diagrama triangular Q-B-F (Fig. 3) para a discriminação das associações de tipo aluminoso (A-LUM). Este diagrama permite distinguir, em função de sua carga em quartzo, os três principais subtipos de associações aluminosas: rica em quartzo (QZR), banal em quartzo (QZN) e pobre em quartzo (QZP), correspondendo a associações aluminosas respectivamente situadas acima, próximo e abaixo da linha crítica (ver texto e “Glossário”). Permite também (tanto como o diagrama da figura 8) classificar as associações aluminosas em função de sua carga em minerais coloridos em: leucocráticas, subleucocráticas e mesocráticas (ver texto e “Glossário”). Outros critérios intervêm na discriminação das diferentes associações aluminosas, mas não podem ser apreendidos neste triângulo. Os exemplos representados aqui são os seguintes: AU, pluton d'Aureil, Maciço Central, França (Grandclaude et al. 1976, La Roche et al. 1980); HH, plúton do Manaslu, Alto Himalaia, Nepal (Le Fort 1973, 1981); KOS, tipo S do batólito de Kosciusko, Austrália (Hine et al. 1978); LH, cinturão plutônico do Baixo Himalaia (Le Fort et al. 1983); MA, plúton da Margeride, Maciço Central, França (Couturié 1977); NB, grupo de plútons a biotita do batólito axial do Nuristão, Afeganistão (Debon et al. 1987). Segundo Debon & Le Fort (1983)

Figura 8 – Aplicação do diagrama $B = Fe + Mg + Ti$ função de $Q = Si/3 - (K + Na + 2Ca/3)$ e de $K/(Na + K)$ à discriminação das associações de tipo aluminoso. Os parâmetros são expressos em átomo-grama $\times 10^3$ (milcatión) em 100g de rocha. Este duplo diagrama permite classificar as associações em função de três critérios: carga em coloridos (B), razão dos álcalis $K/(Na + K)$ e relações quartzo (Q)-coloridos (B)-álcalis $K/(Na + K)$ (ver texto e “Glossário”). Os três exemplos representados aqui correspondem a associações, respectivamente: (1) mesocrática, sodi-potássica, com evolução silico-potássica; (2) leucocrática, sódica, com evolução silico-sódica; e (3) mesocrática até leucocrática, potássica, com evolução exclusivamente silicosa. Segundo Debon & Le Fort (1983)

APLICAÇÃO PARA TRÊS CINTURÕES PLUTÔNICOS DO HIMALAIA, A SUL DO TIBETE

Somente uma exposição sumária dessa aplicação será apresentada aqui. Para mais detalhes, referir-nos-emos a Debon et al. (1984, 1986).

No sul do país tibetano, três grandes cinturões plutônicos se sucedem do norte para o sul: Trans-Himalaia, Norte-Himalaia e Alto-Himalaia (Figs. 9 e 10).

Figura 9 – Mapa esquemático dos principais cinturões plutônicos (numerados de I a X) localizados na borda norte do subcontinente Índico. O domínio que nos interessa aqui (Fig. 10) é enquadrado. Três cinturões o atravessam: Trans-Himalaia (VII), Norte-Himalaia (VIII) e Alto Himalaia (IX). Segundo Debon et al. (1986)

Figura 10 – Mapa esquemático dos três cinturões plutônicos do Himalaia, a sul do Tibete. Segundo Debon et al. (1984)

Cinturão (Batólito) do Trans-Himalaia Os resultados apresentados tratam de uma seção efetuada através do batólito sensu stricto, passando por Quxu, a Sudoeste de Lhasa (Fig. 10). Os dados químico-mineralógicos junto aos dados de campo permitem distinguir cinco conjuntos plutônicos (designados pelas anotações 1a, 1b, 2, 3 e 4 sobre as figuras 11 a 13).

TIPOLOGIA DAS AMOSTRAS Variáveis de um conjunto para outro, as rochas encontradas são gabros, quartzo-dioritos, quartzo-monozodioritos, quartzo-monzonitos, granodioritos e adamalitos (Fig. 11).

Figura 11 – Distribuição de alguns conjuntos plutônicos do Himalaia, a sul do Tibete no diagrama de nomenclatura (Figs. 1 e 5). 1a, 1b, 2, 3, 4: conjuntos plutônicos reconhecidos no batólito do Trans-Himalaia sensu stricto, ao longo de uma seção passando por Quxu (Fig. 10); 5 a 7: cinturão do Norte-Himalaia, com: 5 = plúton paleozóico de Kangmar; 6 = plúton paleozóico de Gyaco La; 7 = plúton cenozóico do Gyaco La; 8 = cinturão cenozóico do Alto Himalaia, plúton de Lhozhag; 9 = composições típicas tomadas como referências (ver tabela 1). Parâmetros e anotações como na figura 1 (Segundo Debon et al. 1984, 1986)

Essas rochas são geralmente metaluminosas e localizadas no setor IV do diagrama dos minerais característicos (Fig. 12). Tal localização sugere serem elas são constituídas notadamente de biotita e de anfibólio $\pm$ piroxênio (Fig. 2). O microscópio confirma esta composição e permite acrescentar que o esfeno é freqüente. Algumas amostras são fracamente peraluminosas e se localizam no setor III (ou seja, o das rochas com biotita).

A essas características maiores, será necessário adicionar uma descrição das outras particularidades químico-mineralógicas de cada tipo de rocha. Assim, levando em conta apenas os termos gabróicos (conjunto Ia; Fig. 11), podemos dizer com precisão que se trata de gabros empobrecidos em coloridos mas excedentes em feldspatos (Fig. 13). Além disso, o conhecimento de sua composição química (análise nº 1 da tabela 3 permite acrescentar, por comparação com a composição gabroica de referência (Tab. 1), que são gabros empobrecidos em Ca, Cr, Cu, Ni mas excedentes em álcalis (por excesso de Na), Si, Al, Sr e com fraca razão Mg/(Fe + Mg).

TIPOLOGIA DAS ASSOCIAÇÕES Os cinco conjuntos plutônicos trans-himalaianos apresentados aqui correspondem a associações magmáticas distintas (Figs. 11 a 13), todas as cinco tipicamente cafêmicas (Fig. 12) mas de natureza ora transicional entre o calcialcalino e o subalcalino (conjuntos 1a e 1b), ora mais ou menos francamente subalcalino claro (conjuntos 2, 3 e 4) (Figs. 11 e 13), magnesianas até ferríferas.

Os autores estão de acordo em considerar o Trans-Himalaia como um magmatismo de arco insular ou de margem

Figura 12 – Distribuição de alguns conjuntos plutônicos do Himalaia, a sul do Tibete no diagrama dos minerais característicos (Figs. 2 e 4). Parâmetros e anotações como nas figuras 2 e 4, símbolos análogos aos da figura 11. Segundo Debon et al. (1984, 1986)

Figura 13 – Distribuição de alguns conjuntos plutônicos do Himalaia, a Sul do Tibete no diagrama triangular Q-B-F (Figs. 3, 6 e 7). Para comparação das associações-tipo cafêmicas ou alumino-cafêmicas de natureza respectivamente toleítica (THOL), calcialcalina (CALK), subalcalina escura (SALKD), subalcalina clara (SALKL), alcalina saturada (ALKS) e alcalina supersaturada (ALKOS) foram reportadas. Parâmetros e outras anotações como nas figuras 3, 6 e 7; símbolos como na figura 11. Segundo Debon et al. (1984, 1986)

Cinturão do Norte-Himalaia Situado a sul da sutura ofiolítica do Tsangpo (Fig. 10), em um contexto de crosta continental, este cinturão do Norte-Himalaia é composto; compreende, de fato, granitídeos paleozóicos (anotações 5 e 6 nas figuras 11 a 14) e granitídeos cenozóicos (anotação 7).

TIPOLOGIA DAS AMOSTRAS Os granitóides paleozóicos correspondem principalmente a granitos e, acessoriamente, a adamellitos, enquanto os de idade cenozóica são exclusivamente adamelíticos (Fig. 11).

Trata-se sempre de rochas peraluminosas, localizadas nos setores I, II ou III do diagrama dos minerais característicos (Fig. 12). São então rochas com duas micas ou somente com biotita. O microscópio confirma essa interpretação e permite acrescentar, por exemplo, que certos adamellitos cenozóicos contêm também sillimanita ou andalusita.

No que diz respeito às outras particularidades químico-mineralógicas, apenas dois exemplos serão desenvolvidos aqui.

(a). Caso dos granitos paleozóicos do Gyaco La (anotação 6 das figuras 11 a 14 e análise nº 2 da tabela 3): comparando com a composição granítica de referência (tabela 1), trata-se, em média, de granitos bastante banais em coloridos (e consequentemente leucocráticos), muito ricos em quartzo mas pobres em feldspatos (Fig. 13) e álcalis (forte déficit sódico), excedentes em Si, Ba, Rb mas empobrecidos em Al, Ca e Sr, e com fraca razão $Mg/(Fe + Mg)$.

(b). Caso dos adamellitos cenozóicos do Gyaco La, localizados no setor I da figura 12 (análise nº 3 da tabela 3): trata-se, em média, de adamellitos excedentes em quartzo mas empobrecidos em coloridos (leucocráticos), bastante banais em feldspatos + moscovita e em álcalis, deficitários em Ca, Ba e Sr, mas bastante ricos em Rb, com razão $Mg/(Fe + Mg)$ bastante banal.

Figura 14 – Distribuição de alguns conjuntos plutônicos aluminosos do Himalaia no diagrama B função de Q e de $K/(Na+K)$ (Fig. 8). Parâmetros e anotações como na figura 8; símbolos como na figura 11

TIPOLOGIA DAS ASSOCIAÇÕES Os três plútons norte-himalaianos apresentados aqui correspondem a associações magmáticas distintas (Figs. 11 a 14), todas três de tipo aluminoso (Fig. 12) mas de natureza sensivelmente diferente. De fato, uma análise mais profunda da tipologia dos três plútons mostra que:

(a). os dois plútons paleozóicos (Kangmar e Gyaco La, respectivamente designados pelas anotações 5 e 6 sobre as figuras 11 a 14) correspondem a associações mais ou menos ricas em quartzo (Fig. 13), leucocráticas a subleucocráticas (Fig. 13 ou 14), exclusivamente potássicas (Gyaco La) ou com dominante sodi-potássica (Kangmar) (fig. 14), com evolução silico - (potássica) (Fig. 14), fracamente (Kangmar) ou medianamente (Gyaco La) aluminosas (Fig. 12), distribuídas nos setores I, II e às vezes III do diagrama dos minerais característicos, segundo um trend indeterminado (Gyaco La) ou com inclinação ligeiramente negativa (Kangmar) (Fig. 12), mais (Gyaco La) ou menos (Kangmar) ferroféricas ...

Tabela 3 – Composições químicas médias de quatro unidades plutônicas dos cinturões do Himalaia, a sul do Tibete

Nº análise	1	2	3	4
n	9	9	12	6
SiO ₂	50,65	76,32	72,76	73,66
Al ₂ O ₃	18,76	12,08	15,32	15,18
Fe ₂ O _{3t}	9,70	2,01	1,44	0,75
MnO	0,17	0,04	0,04	0,03
MgO	5,27	0,21	0,39	0,02
CaO	9,20	0,59	0,98	0,70
Na ₂ O	3,57	2,47	3,63	4,05
K ₂ O	0,48	5,04	3,95	4,36
TiO ₂	0,87	0,28	0,22	0,03
P ₂ O ₅	0,31	0,07	0,09	0,04
P.F.	0,50	0,43	0,79	0,63
Total	99,48	99,54	99,61	99,45
Ba	180	590	396	140
Cr	40	9-11	> 13-> 15	0-10
Cu	22	11-19	0-10	0-10
Ni	44	> 6-> 12	> 10-> 13	0-10
Rb	6-11	311	226	308
Sr	749	35	142	65
V	234	14-25	23-25	6-11

Análise nº 1: gabros do Trans-Himalaia (Quxu); nº 2: granitos paleozóicos do Norte-Himalaia (Gyaco La); nº 3: adamellitos cenozóicos com duas micas (com moscovita > biotita) do Norte-Himalaia (Gyaco La); nº 4: adamellitos cenozóicos do Alto-Himalaia (Lhohzag). n = número de amostras analisadas. Análises quantitativas (K. Govindaraju, C.R.P.G., Nancy). Fe₂O_{3t} = ferro total, dosado sob forma férrica; P.F. = perda ao fogo. Os teores em elementos-traços são expressos em p.p.m. Análises extraídas de Debon et. al. (1984, 1986)

(b). O plúton cenozóico (anotação 7 nas figuras 11 a 14) corresponde a uma associação rica a banal em quartzo (Fig. 13), leucocrática a mesocrática (Fig. 13 ou 14), exclusivamente sódica (Fig. 14), com evolução mal definida, em primeiro lugar silico-(potássica?) depois sódica com quartzo decrescente (Fig. 14), média a muito fortemente aluminosa (A oscila entre 23 e 81 átomos-g x 10³; Fig. 12), distribuída nos setores I, II e III do diagrama dos minerais característicos, segundo um trend com inclinação negativa ao nível dos termos mais coloridos e subvertical depois, magnesianas.

Os autores estão de acordo em atribuir a gênese de todos esses granitóides do Norte-Himalaia a anatexias de crosta continental.

Cinturão do Alto-Himalaia Situado no sul do Norte-Himalaia (Fig. 9), este cinturão cenozóico é também localizado num contexto de crosta continental. O exemplo escolhido para ilustrar sua tipologia químico-mineralógica é o pequeno plúton de Lhohzag (Fig. 10; anotação 8 nas figuras 11 a 14).

TIPOLOGIA DAS AMOSTRAS Os granitóides de Lhohzag são adamellitos às vezes granitos ou granodioritos (Fig. 11).

Trata-se sempre de rochas peraluminosas, localizadas no setor I do diagrama dos minerais característicos (Fig. 12). Isso sugere que sejam rochas com duas micas com moscovita > biotita (em volume). O microscópio confirma esse ponto de vista e permite adicionar que a turmalina é freqüente nessas rochas.

No que diz respeito às outras particularidades químico-mineralógicas desses granitóides, apresentaremos aqui as da fácies adamello (análise nº 4 da tabela 3): comparando com a composição adamelloítica de referência (Tab. 1), trata-se, em média, de adamellos banais em quartzo, muito empobrecidos em coloridos (leucocráticos) mas excedentes em feldspatos + moscovita (Fig. 13) assim como em alcalis (excesso de Na e Rb), pobres em Ca, Ba, Cr, Cu, Ni, Sr e V, com razão muito fraca Mg/(Fe + Mg).

TIPOLOGIA DA ASSOCIAÇÃO O plúton de Lhohzag corresponde a uma associação tipicamente aluminosa (Fig. 12), pobre em quartzo (Fig. 13), muito leucocrática (Fig. 13 ou 14), essencialmente sódica (Fig. 14), com evolução muito fracamente marcada mas de caráter tipicamente sódico com decréscimo do quartzo (Fig. 14), em média fortemente aluminosa ($A = 49 \text{ átomos-g} \times 10^3$ com oscilações entre 40 e 66; Fig. 12), distribuída no setor I do diagrama dos minerais característicos segundo um *trend* subvertical (Fig. 12), muito ferrífera.

A gênese dos leucogranitóides do Alto-Himalaia parece ligada a uma anatexia parcial da crosta continental antiga (e.g. Le Fort 1981, Le Fort *et al.* 1987).

TRANSPosição DA CLASSIFICAÇÃO PARA AS ROCHAS VULCÂNICAS COMUNS E A SUAS ASSOCIAÇÕES A classificação proposta é diretamente transponível para o vulcanismo.

Ao nível da tipologia de uma amostra, basta para isso substituir a nomenclatura plutônica para seu equivalente vulcânico (vide legenda da figura 1) e lembrar sempre do fato de que as expressões mineralógicas dos dados químicos poderão, aqui, corresponder a fases virtuais.

Ao nível da tipologia de uma associação, a transposição se efetua diretamente, sem modificação das denominações (fora aquelas implicando um vocabulário próprio das rochas plutônicas). Exemplo: uma associação calcálica (ou granodiorítica) tornar-se-á uma associação calcálica (ou riódacítica).

Agradecimentos Este trabalho deve muito às idéias levadas à tona e desenvolvidas por H. de La Roche sobre a tipologia do magmatismo.

Nossos melhores agradecimentos para K. Govindaraju e para o Serviço E.D.T.A. do C.R.P.G. pelas análises químicas e seu tratamento automático; para J. Gerbaut e A. Legros, pelo cuidado na datilografia e na ilustração deste trecho; a Gleides V. Machado, pela revisão do português; e a Itanajara J. M. Silva, Contribuição nº 713 pela datilografia nesta língua.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAPPEL, B.W. & WHITE, A.J.R. 1974. Two contrasting granite types. *Pacif. Geol.*, 8:173-174.
- COUTURIÉ, J.P. 1977. Le massif granitique de la Margeride (Massif Central français). *Ann. Sci. Univ. Clermont*, 62.
- DEBON, F. & LE FORT, P. 1983. A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh* 73:135-149. (Earth Sci.)
- DEBON, F. & LE FORT, P. 1988. A cationic classification of common plutonic rocks and their magmatic association: principles, method, applications. *Bull. Minéralogie*, 111(5): (in press)
- DEBON, F. & LE FORT, P. 1984. Chemical-mineralogical classification of plutonic rocks associations. Examples from Southern Asia belts. In: SYMP. ON GEOLOGY OF GRANITES AND THEIR METALLOGENETIC RELATIONS, Nanjing, China, 1982. *Proceed...* Beijing, China Science Press. 293-311.
- DEBON, F.; AFZALI, H.; LE FORT, P.; SONET, J.; ZIMMERMANN, J.L. 1987. Plutonic rocks and associations in Afghanistan: typology, age and geodynamic setting. *Mém. Sci. de la Terre*, 49, 132 p.
- DEBON, F.; LE FORT, P.; SHEPPARD, S.M.F.; SONET, J. 1986. The four plutonic belts of the Transhimalaya-Himalaya: a chemical, mineralogical, isotopic, and chronological synthesis along a Tibet-Nepal section. *J. Petrol.*, 27:219-250.
- DEBON, F.; SONET, J.; LIU, G.H.; JIN C.W.; XU, R.H. 1984. Caracteres chimico-mineralogiques et datations par Rb-Sr des trois ceintures plutoniques du Tibet méridional. In MERCIER J.L. e LI C.G. eds., *Mission franco-chinoise au Tibet 1980: Etude géologique et géophysique de la croûte terrestre et du manteau supérieur du Tibet et de l'Himalaya*. Paris, Centr. Natl. Rech. Sci., p. 309-317.
- GRANDCLAUDE P.; MARCHAL, M.; LA ROCHE H. de. 1986. Les fichiers géochimiques du Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques: leur contenu et les modalités de leur utilisation comme banques de données. *Ind. Minér.*, 58:557-563.
- HINE, R.; WILLIAMS, I.S.; CHAPPELL, B.W.; WHITE, A.J.R. 1978. Contrasts between I and S-type granitoids of the Kosciusko Batholith. *J. Geol. Soc. Austr.*, 25:219-234.
- LA ROCHE, H. de. 1964. Sur l'expression graphique des relations entre la composition chimique et la composition minéralogique quantitative des roches cristallines. Présentation d'un diagramme destiné à l'étude chimico-minéralogique des massifs granitiques ou granodioritiques. Application aux Vosges cristallines. *Sci. de la Terre*, 9:293-337.
- LA ROCHE, H. de. 1966. Sur l'usage du concept d'association minérale dans l'étude chimique des roches: modèles chimiques, statistiques, représentations graphiques, classification chimico-minéralogique. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 262(D):1665-1668.
- LA ROCHE, H. de. 1979. Muscovitisation deutérique, caractère aluminéux des leucogranites et classification de granites subsolvus. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 21:87-93.
- LA ROCHE, H. de; STUSSI, J.M.; CHAURIS, L. 1980. Les granites à deux micas hercyniens français. Essais de cartographie et de corrélations géochimiques appuyés sur une banque de données. Implications pétrologiques et métallogéniques. *Sci. de la Terre*, 24:5-121.

- LE FORT, P. 1973. Les leucogranite à tourmaline de l'Himalaya sur l'exemple du granite du Manaslu (Népal central). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 15:555-561.
- LE FORT, P. 1981. Manaslu leucogranite: a collision signature of the Himalaya. A model for its genesis and emplacement. *J. Geophys. Res.*, 86:10545-10568 (Red Ser).
- LE FORT, P.; CUNNEY, M.; DENIEL, C.; FRANCE-LANORD, C.; SHEPPARD, S.M.F.; UPRETI, B.N.; VIDAL, P. 1987. Crustal generation of the Himalayan leucogranites. *Tectonophysics*, 134:39-57.
- LE FORT, P.; DEBON, F.; SONET, J. 1983. The Lower Paleozoic "Lesser Himalayan" granitic belt: emphasis on the Simchar pluton of Central Nepal. In SHAMS F.A. ed. *Granites of Himalaya, karakorum and Hindu Kush*. Lahore, Punjab Univ., P. 235-255.
- MOINE, B. 1974. Caractère de sédimentation et de métamorphisme de séries précambriennes épizonales à catazonales du centre de Madagascar (région d'Ambatofinandrahana). Approche structurale, pétrographique et spécialement géochimique. *Mém. Sci. de la Terre*, 31, 293 p.
- SHAND, S.J. 1927 *Eruptive rocks*. Their genesis, composition, classification and their relation to ore-deposits. London, Murby.
- STRECKEISEN, A.L. 1974 Classification and nomenclature of plutonic rocks. *Geol. Rundsch.*, 63:773-786.
- STRECKEISEN, A.L. 1976. To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.*, 12:1-33.
- STUSSI, J.M.; MOREAU, M.; LA ROCHE, H. de 1981. Typologie chimique et cartographie régionale des granitoïdes varisques des zones uranifères françaises: relations avec les teneurs géochimiques en uranium et thorium. In: INTERN. GEOL. CONGR., 26, Paris, 1980. *Proceed...*, Beograd, Geoinstitut, p. 5-20. (Section 13, theme 2.2: Metallogenesis of Uranium).

MANUSCRITO 449

Recebido em 10 de abril de 1987

Revisão aceita em 30 de outubro de 1987

GLOSSÁRIO

Associação: conjunto de amostras apresentando características comuns e proveniente de uma mesma estrutura ígnea (plúton, batólito, cinturão plutônico, ...).

Associação alcalina (ou peralcalina), um dos quatro principais subtipos distintos no meio das associações de tipo café-mico ou aluminocafémico, compreende três variantes: 1. *associação alcalina saturada escura:* constituída principalmente por termos escuros, podendo incluir gabros, dioritos, monzogabros, monzodioritos, monzonitos (sienitos) i.e. localizada nos quadros 12, 11, 10 (e 9) das figuras 1 e 5; situa-se perto da base do triângulo Q-B-F, mais ou menos paralelamente a esta (Fig. 6); 2. *associação alcalina (ou peralcalina) supersaturada clara:* constituída por termos claros, podendo incluir monzonitos, sienitos, quartzo-monzonitos, quartzo-sienitos, adamellitos, granitos (i.e. localizada nas casas 10, 9, 6, 5, 2 e 1 das figuras 1 e 5); dentro do triângulo Q-B-F (Fig. 6) enfaça-se abaixo da linha gabro-granito e se desenvolve vertical ou paralelamente ao lado Q-F, próximo deste. Uma associação peralcalina é um caso particular da variante alcalina supersaturada; pelo menos uma parte dos termos que a compõem corresponde a rochas peralcalinas (i.e. com $(Na + K) Al$, em átomo-g ou cátion); 3. *associação alcalina (ou peralcalina) composta:* apresenta ao mesmo tempo os caracteres das associações alcalinas (ou peralcalinas) saturadas e supersaturadas.

Associação aluminosa: um dos três grandes tipos de associações magmáticas, é inteiramente composta de termos peraluminosos; dentro do diagrama dos minerais característicos (Fig. 4), seu *trend* apresenta uma curva vertical, positiva ou ligeiramente negativa.

Associação aluminocafémica: um dos três grandes tipos de associações magmáticas principal ou totalmente compostas de termos claros peraluminosos; no diagrama dos minerais característicos, seu *trend* apresenta tipicamente uma inclinação negativa e se enfaça ao nível de seus termos mais coloridos, no — ou próximo do — domínio metaluminoso.

Associação banal em quartzo: um dos três principais subtipos distinguidos entre as associações de tipo aluminoso; relativamente pouco freqüente; pode incluir (trondjemitos excepcionalmente), (granodioritos), adamellitos, granitos (i.e. geralmente localizada nas casas 2 e 1 da figura 1); apresenta cargas banais de quartzo, feldspato + muscovita e alcalinos; dentro do triângulo Q-B-F (Fig. 7), localiza-se na proximidade imediata da linha crfca.

Associação café-mica: um dos três grandes tipos de associações magmáticas, principal ou totalmente composta de termos metaluminosos; no diagrama dos minerais característicos (Fig. 4), seu *trend* apresenta uma inclinação negativa e seus termos claros penetram freqüentemente no domínio peraluminoso.

Associação calcialcalina (ou granodiorítica): um dos quatro principais subtipos distinguidos entre as associações de tipo café-mico ou aluminocafémico é constituída por termos comuns podendo incluir (gabros), (monzogabros hipofeldspáticos), dioritos, quartzo-dioritos, quartzo-monzodioritos hipofeldspáticos, tonalitos, granodioritos, adamellitos (granitos), i.e. localizada nas casas (12), (11), 8, 7, 4, 2, (1) das figuras 1 e 5; nunca possui monzogabros, monzodioritos, monzonitos ou sienitos típicos, quer sejam quartzíferos ou não; no triângulo Q-B-F (Fig. 6), localiza-se na proximidade da linha gabro-granito.

Associação ferrífera: em um diagrama $Mg/(Fe + Mg)$ função de $B = Fe + Mg + Ti$ (em átomo-grama $\times 10^3$ e com $Fe =$ ferro total): qualquer associação localizada *abaixo* da linha que une os pontos das composições granítica, adamellítica, granodiorítica, tonalítica, quartzodiorítica e gabroica tomados como referência (Tab. 1; Debon e Le Fort 1988).

Associação granito-trondhjemitica: subtipo raro das associações de tipo aluminocafémico, tipicamente constituída por leucogranitos, leucoadamellitos, leucogranodioritos e leucotonalitos (i.e. trondjemitos) ricos em quartzo (i.e. localizada nas casas 1 a 4 das figuras 1 a 5); dentro do triângulo Q-B-F, seus termos são agrupados no domínio leucocrático e rico em quartzo.

Associação magnésiana: em um diagrama $Mg/(Fe + Mg)$ função de $B = Fe + Mg + Ti$ (em átomo-grama $\times 10^3$ e com $Fe =$ ferro total): qualquer associação localizada *acima* da linha que une os pontos das composições granítica, adamellítica, granodiorítica, tonalítica, quartzodiorítica e gabroica tomadas como referência (Tab. 1; Debon & Le Fort 1988).

Associação pobre em quartzo: um dos três principais subtipos distinguidos entre as associações de tipo aluminoso; bastante freqüente; pode incluir (trondjemitos, raramente), (granodioritos), adamellitos (a maioria das vezes predominantes), granitos (i.e. muitas vezes principalmente localizada na casa 2 da figura 1); é relativamente pobre em quartzo mas rico em feldspatos + muscovita e alcalinos dentro do triângulo Q-B-F (Fig. 7), localiza-se abaixo da linha crfca.

Associação rica em quartzo: um dos três principais subtipos distinguidos entre as associações de tipo aluminoso; freqüente; pode incluir

(trondhjemitos, excepcionalmente), (granodioritos), adamellitos, granitos (muitas vezes, exclusivamente) (i.e. geralmente localizada na casa 2 e/ou somente 1 da figura 1); é rica em quartzo, mas empobrecida em feldspatos + moscovita e álcalinos; dentro do triângulo Q-B-F (Fig. 7), localiza-se acima da linha crítica.

Associação subalcalina (ou monzonítica): um dos quatro principais subtipos distinguidos entre as associações de tipo café-mico ou alumino-café-mico; compreende três variantes: 1. *associação subalcalina escura*: constituída principalmente de termos escuros, podendo incluir gabros, dioritos, monzogabros, monzodioritos, (raramente monzonitos), quartzo monzodioritos, quartzo monzonitos, (quartzo sienitos) i.e. localizada nas casas 12, 11 (10), 7, 6 (5) das figuras 1 e 5; dentro do triângulo Q-B-F (Fig. 6), situa-se abaixo da linha gabro-granitos; 2. *associação subalcalina clara*: constituída por termos claros, podendo incluir (quartzo-monzodioritos), quartzo-monzonitos, quartzo-sienitos assim como (leucotonalitos, excepcionalmente), granodioritos, adamellitos e granitos ricos em feldspatos e álcalis i.e. localizada nas casas (7), 6, 5, (4), 3, 2 e 1 das figuras 1 e 5; dentro do triângulo Q-B-F (Fig. 6), seu *trend* começa abaixo da linha gabro-granito e continua seguindo uma inclinação muito forte, empinada, vertical ou mais ou menos paralela ao lado Q-B; 3. *associação subalcalina composta*: apresenta ao mesmo tempo os caracteres das associações subalcalinas escuras e claras.

Associação toleítica (ou gabro-trondhjemítica): um dos quatro principais subtipos distinguidos entre as associações de tipo café-mico ou alumino-café-mico; qualquer associação exclusivamente supersaturada constituída por termos pobre em K_2O : gabros, dioritos, quartzo-dioritos, tonalitos, trondhjemitos (i.e. localizada nas casas 12, 8, 4 assim como no domínio hiperquartzoso das figuras 1 e 5), qualquer que seja o seu *iron trend* e as proporções relativas de seus diferentes termos; geralmente, dentro do triângulo Q-B-F (Fig. 6) mostra um déficit feldspático, localiza-se acima da linha gabro-granito e apresenta um *trend* empinado, mais ou menos paralela ao lado Q-B. No caso de associações exclusivamente gabróicas (i.e. inteiramente localizada na casa 12 da figura 1), o diagrama de nomenclatura é insuficiente para discriminar, somente a partir dele, as de natureza toleítica das de outra natureza (subalcalina escura, alcalina saturada calcilcalina); a localização e o *trend* de tais associações dentro do triângulo Q-B-F tornam-se então determinantes para se efetuar a discriminação.

Carga em coloridos (B) de uma associação aluminosa: um dos critérios de discriminação no seio das associações aluminosas: associação leucocrática ($B < 7\%$, i.e. $Fe + Mg + Ti < 38,8$ átomos-g $\times 10^3$ para 100 g); subleucocrática ($7\% \leq B \leq 10\%$); mesocrática ($B > 10\%$; i.e. $Fe + Mg + Ti > 55,5$).

Carga em quartzo de uma associação aluminosa: principal critério de discriminação no seio das associações aluminosas; seguindo sua posição acima, vizinha ou abaixo da linha crítica do triângulo Q-B-F (Fig. 7), uma associação aluminosa é dita rica, banal ou pobre em quartzo.

Índice aluminoso de uma associação aluminosa: um dos critérios de discriminação no seio das associações aluminosas; definido através do valor médio ou dos valores extremos do parâmetro $A = Al / (K + Na + 2Ca)$ (em átomo-g $\times 10^3$ ou milicátions para 100g) dos ter-

mos que compõem a associação distinguem-se as associações *muito fracamente aluminosas* ($A < 10$), *fracamente aluminosas* ($10 \leq A < 20$), *medianamente aluminosas* ($20 \leq A < 40$), *fortemente aluminosas* ($40 \leq A < 60$) e *muito fortemente aluminosas* ($A \geq 60$).

Linha crítica: dentro do triângulo Q-B-F (Fig. 7), é a linha que une os pontos das composições granítica, adamellítica, granodiorítica e tonalítica tomadas como referência (Tab. 1). Ela é utilizada para a discriminação dos três principais subtipos de associações aluminosas: rica em quartzo, banal em quartzo e pobre em quartzo.

Metaluminosa: rocha com $(K + Na + 2Ca) \geq Al$ (em átomo-g ou cátion), i.e. com um valor nulo ou negativo do seu parâmetro A.

Peraluminosa: rocha com $(K + Na + 2Ca) < Al$ (em átomo-g ou cátion), i.e. com um valor positivo do seu parâmetro A (Shand 1927).

Razão dos álcalis de uma associação aluminosa: um dos critérios de discriminação no seio das associações aluminosas; definido pela razão $K/(Na + K)$; distinguem-se as associações *potássicas* $K/(Na + Ca) \geq 0,50$, *sodi-potássicas* $0,45 \leq K/(Na + K) < 0,50$ e *sódicas* $K/(Na + K) < 0,45$ em átomo-g ou cátion.

Relação quartzo - coloridos - álcalis de uma associação aluminosa: um dos critérios de discriminação no seio das associações aluminosas; critério baseado na evolução da carga em quartzo (Q) e na razão dos álcalis $K/(Na + K)$ de uma associação, dos seus termos mais coloridos aos mais claros (Fig. 8); distinguem-se assim associações aluminosas com evolução: *silico-potássica* (crescimento de Q e da razão dos álcalis), *silico-sódica* (crescimento de Q e decréscimo da razão dos álcalis), *exclusivamente silicosa* (crescimento de Q sem variação significativa da razão dos álcalis), *exclusivamente potássica* (crescimento da razão dos álcalis sem variação significativa de Q), *exclusivamente sódica* (decréscimo da razão dos álcalis sem variação significativa de Q), com quartzo decrescente, com ou sem variação da razão dos álcalis e sem variação significativa de Q e da razão dos álcalis.

Rocha plutônica comum: rocha ígnea granular saturada ou supersaturada em sílica. Ela engloba os granitóides e as rochas plutônicas associadas freqüentemente encontradas nos cinturões plutônicos.

Subtipo (de uma associação magmática): subdivisão maior entre as associações de tipo café-mico, alumino-café-mico ou aluminoso; há quatro principais subtipos entre as associações café-micas ou alumino-café-micas: *toleítica* (ou gabro-trondhjemítica), *calcilcalina* (ou granodiorítica), *subalcalina* (ou monzonítica) e *alcalina*; três principais subtipos entre as associações aluminosas: *rica em quartzo*, *banal em quartzo* e *pobre em quartzo*.

Tipo (de uma associação magmática): divisão maior entre as associações magmáticas; dois principais tipos (*café-mica* e *aluminoso*) e um tipo intermediário (*alumino-café-mico*).

Trondhjemito: tonalito cuja carga em minerais coloridos é 10%.

Variante (de uma associação magmática): subdivisão de um subtipo.

É relativamente fácil descobrir se um cientista usa suas palavras com precisão: em nosso curso... orientamos os alunos na busca dos verbos sugerir, indicar, revelar, demonstrar, comprovar em contextos em que o autor se refere ao resultado de pesquisas. Assim, uma pesquisa (apenas) sugere/indica/revela algo ou; ao contrário, demonstra/comprova/enfatiza algo? O uso desses verbos (e outros, que o leitor poderá acrescentar à lista) diz muita coisa sobre a exatidão lexical de um cientista.