

CONSIDERAÇÕES SOBRE A ORIGEM DAS ESMECTITAS NOS NÍVEIS DE
ALTERAÇÃO DOS PIROXENITOS DE SANTA FÉ, GO¹

SONIA MARIA BARROS DE OLIVEIRA²

ADOLPHO JOSÉ MELFI

Departamento de Geologia Geral

ABSTRACT

S. M. BARROS DE OLIVEIRA², A. J. MELFI – On the origin of smectites from weathering piroxenites profiles (Santa Fé-GO) – Bol. IG, Instituto de Geociências, USP, V. 10: 91-96, 1979

The 2/1 clay minerals (smectites) are the principal secondary components in the initial levels of pyroxenite weathering of the Santa Fé ultrabasic massif.

Detailed mineralogical studies (RX, DTA, optical microscopy and scanning electron microscopy) on the principal minerals from the pyroxenites-pyroxene and trioctahedral micas – in several weathering horizons indicate that the smectites have different origins.

Beginning with the first stages of weathering, the pyroxenes hydrolyze, giving origin to the 2/1 structures by neogenesis. These ferriferous smectites (nontronites) are the principal minerals in the clay fraction of the fine saprolite.

On the other hand, the trioctahedral micas, namely mixed layer mica-vermiculite structures, are highly stable in the surface environment and preserve their original shape, even in the upper lateritic horizons. Chemically, a loss of Si and Mg and a gain of Al occur, whereas mineralogically the analysis by scanning electron microscopy reveals an incipient transformation in to smectite. These 2/1 clay minerals grow on the rims of the micaceous crystals or in the zones that serve as preferential conduits for altering solutions. Such smectites appear in the coarsest fraction of the saprolite associated with micaceous lamellae that have been morphologically modified by the formation of this secondary mineral.

RESUMO

Os argilo-minerais 2/1 (esmectitas) são os constituintes secundários dominantes nos níveis iniciais de alteração superficial dos piroxenos do maciço ultrabásico de Santa Fé.

Estudos mineralógicos pormenorizados (raios X, A. T. D., microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura) dos principais minerais dos piroxenitos-piroxênios e micas trioctaedricas, nos diferentes níveis de alteração, evidenciaram que as esmectitas encontradas apresentam filiações e origens diferentes.

Os piroxênios, desde os estágios iniciais da alteração superficial, sofrem hidrólise total, dando origem, por neogênese a edifícios 2/1. Essas esmectitas ferríferas (nontronitas) são os minerais dominantes de fração argila do material alterado (saprolito fino).

As micas trioctaedricas, na realidade estruturas mistas mica-vermiculita, apresentam alta estabilidade nos meios superficiais, permanecendo com sua forma externa original até nas camadas lateríticas superiores. Quimicamente sofrem perda de sílica e magnésio e ligeiro aumento de alumínio, enquanto que mineralogicamente, as análises ao microscópio eletrônico a varredura exibiram uma transformação incipiente para esmectita. Esses argilo-minerais a estrutura 2/1 se desenvolvem nas bordas dos cristais micáceos, ou nas zonas que representam vias de acesso preferenciais das soluções alterantes.

Tais esmectitas aparecem na fração mais grosseira do saprolito, associadas às lamelas micáceas, que são modificadas morfologicamente em função da formação do mineral secundário.

(1) Trabalho realizado com auxílio financeiro da FAPESP.

(2) Também bolsista do CNPq.

INTRODUÇÃO

Os primeiros estágios de alteração intemperica dos piroxenitos do maciço ultrabásico de Santa Fe (GO) são caracterizados pela formação, em larga escala, de argilo-minerais do tipo 2/1 (esmectitas), que se tornam instáveis no decorrer do processo, evoluindo para óxidos e hidróxidos de ferro mais ou menos mal cristalizados. Entretanto, nos horizontes superiores dos perfis dos solos ferralíticos, aí desenvolvidos, é possível detectar a presença de traços de esmectitas, sobretudo associados à sua fração micácea.

Esta situação, caracterizada pela presença de esmectitas, quer como único mineral silicático neoformado e associado à fração argila do saprolito representativo dos primeiros estágios de alteração dos piroxenitos, quer como argilo-mineral associado à mica, presente até nos horizontes de solo mais evoluídos, e cuja fração argila é composta apenas por compostos ferruginosos, levou-nos a estudar pormenorizadamente a evolução dos piroxênios e micas, principais minerais formadores da rocha fresca, com o objetivo de esclarecer a gênese das esmectitas, nos diferentes níveis de alteração da rocha ultrabásica.

Para atingir tal objetivo, foi selecionado um perfil de alteração, coletado em um poço de pesquisa com 10 metros de profundidade, que apresenta da base para o topo, 4 metros de saprolito verde, bem estruturado, 2 metros de saprolito marrom-avermelhado e finalmente 4 metros de laterita vermelha. Amostras retiradas de várias profundidades foram analisadas do ponto de vista mineralógico (microscopia óptica, difração dos raios X, análise térmica-diferencial e microscopia eletrônica de varredura, "scanning"), e químico. As análises foram efetuadas tanto nas amostras totais, como na fração argila e em certas frações mineralógicas individualizadas.

EVOLUÇÃO DOS PIROXÊNIOS

Os piroxênios possuem alta instabilidade no perfil de alteração, apresentando modificações químicas e mineralógicas, já nos primeiros estágios de evolução da rocha. Nas lâminas delgadas da rocha parcialmente alteradas é frequente a ferruginização das fraturas e diaclases pelo ferro exudado dos piroxênios.

Nesta fase, sua estrutura fibrosa (Figura 1) começa sofrer os efeitos da hidrólise, havendo a formação de produtos indefinidos e mal cristalizados (Figura 2) que não são detectadas nos diagramas de raios X. Em uma etapa posterior, aparecem os primeiros cristais neoformados, com a típica estrutura dos minerais do grupo das esmectitas, exibindo um aspecto rendado, devido à organização tridimensional de seu edifício, graças ao desenvolvimento de bandas, formadas por ligações borda-borda das partículas, e cavidades formadas por ligações borda-face (Tessier, 1975) (Figura 3).

A fração granulométrica inferior a 2 (argila), separada do saprolito esverdeado e analisada aos Raios X, mostrou-se constituída única e exclusivamente por esmectitas, as quais analisadas quimicamente apresentaram a seguinte composição (Tabela 1).

Pela Tabela 1, vemos que se trata de uma esmectita dioctaedral (Nontronita), sem substituição na camada tetraedral e com intensa substituição nos octaédros, do Al pelo Fe e Mg. Os cátions compensadores de carga estão presentes em quantidades insignificantes.

O estudo mineralógico das frações argila dos horizontes mais superficiais mostra que as esmectitas desaparecem totalmente, em detrimento dos hidróxidos de ferro mais ou menos cristalizados (goethita, stilpnosiderita, etc.), que passam a constituir os produtos predominantes destes níveis.

Desta forma, podemos dizer que, nas condições hidrolíticas locais, os piroxênios se alteram rapidamente, dando origem por neogênese às esmectitas dioctaedrais ricas em ferro. Estas nontronitas, por sua vez, são instáveis e facilmente se solubilizam, liberando sílica, que parte em solução e individualizando compostos ferruginosos que se acumulam nos horizontes superiores.

EVOLUÇÃO DAS MICAS

Os minerais micáceos primários, encontrados em todos os níveis de alteração, até mesmo nos mais superficiais, são produtos intermediários da série trioctaédrica, flogopita-hidrobiotita-vermiculita.

A análise por raios X, efetuada na fração micácea (areia fina), evidenciou que estes minerais são bastante instáveis, evoluindo lentamente para vermiculita. Esta evolução é caracteriza-

TABELA 1

Análise química total (a) e fórmula estrutural (b) das esmectitas constituintes da fração argila das fases iniciais de alteração dos piroxenitos

Óxidos	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	
(a) %	54,18	3,15	19,30	1,75	4,45	0,28	0,20	0,14	15,17	
(b) Fórmula	camada tetraédrica			camada octaédrica				camada interfoliar		
	Si ⁴⁺			Al ³⁺	Ti ⁴⁺	Fe ³⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺
	4,00			0,27	0,10	1,07	0,49	0,02	0,03	0,01
	4,00				1,93			0,06		

TABELA 2

Análises químicas totais e fórmulas estruturais da fração micéica separada de diferentes níveis de alteração

	1	2	3	4		1	2	3	4	
SiO ₂	41,45	42,20	41,35	38,85	camada tetraédrica					
Al ₂ O ₃	11,20	11,85	11,45	14,55		Si ⁴⁺	3,08	3,15	3,14	3,01
Fe ₂ O ₃	9,55	11,05	10,00	11,85	Al ³⁺	0,92	0,85	0,86	0,99	
TiO ₂	5,90	6,35	6,10	7,10	camada octaédrica					
MgO	18,60	16,40	16,90	13,50		Al ³⁺	0,06	0,19	0,16	0,33
CaO	0,60	0,58	0,71	0,32	Fe ³⁺	0,53	0,62	0,57	0,69	
Na ₂ O	0,21	0,32	0,22	0,20	Ti ⁴⁺	0,33	0,36	0,35	0,41	
K ₂ O	3,55	4,95	2,30	3,95	Mg ²⁺	2,07	1,84	1,92	1,57	
H ₂ O ⁺	8,15	6,44	9,97	8,72	ε	2,99	3,01	3,00	3,00	
					camada interfoliar					
1. Saprolito esverdeado – parte basal do perfil						Ca ²⁺	0,05	0,05	0,06	0,03
						Na ⁺	0,03	0,05	0,03	0,03
2. Saprolito esverdeado – parte basal do perfil						K ⁺	0,34	0,47	0,22	0,39
					ε	0,42	0,57	0,31	0,45	
3. Saprolito marrom-esverdeado – parte mediana do perfil										
4. Laterita vermelha – topo do perfil										

da pelo quase total desaparecimento do pico da mica e um aumento de intensidade do pico a 14 Å da vermiculita, que se torna pronunciado nos horizontes superiores, correspondentes ao saprolito marrom-avermelhado e laterita vermelha.

O exame ao microscópio eletrônico de varredura mostra que as micas trioctedrais, se apresentam mais ou menos vermiculitizadas com os bordos retorcidos e encurvados. (Figura 4), ao mesmo tempo que certos cristais micáceos começam a exibir nas bordas dos cristalitos, ou nas regiões por onde a água percola mais facilmente, uma estrutura típica de esmectita, com todas as características encontradas na fração argila, anteriormente estudada.

As figuras 5 e 6 evidenciam a formação da esmectita de fora para dentro, sobre a antiga estrutura micácea, a qual permanece reliquiar.

A estrutura desta esmectita é bem mais desenvolvida e rígida do que aquela apresentada pelos edifícios neogenéticos (Kounestron, 1976), pelo fato de ser uma estrutura hereditária da mica, a partir da qual evoluiu por transformação.

Análises químicas totais dos minerais micáceos, separados de diferentes níveis de alteração, mostram ser pequenas as variações que estes minerais sofrem no perfil de alteração. (Tabela 2).

Pelos dados apresentados na Tabela 2, podemos observar que as micas, apesar de serem

altamente estáveis nas condições existentes em Santa Fé, apresentam uma seqüência evolutiva caracterizada por uma vermiculitização progressiva e posterior transformação para esmectita.

CONCLUSÃO

As esmectitas encontradas nos perfis de alteração superficial dos piroxenitos de Santa Fé, são instáveis e apresentam dois modos de formação:

- um por neogênese direta, a partir dos piroxênios. A hidrólise deste material dá origem à nontronita, que se forma nos primeiros estágios de alteração, na presença de um meio saturado e parcialmente confinado. Nos meios mais bem drenados, a esmectita é solubilizada, liberando a sílica e precipitando compostos ferruginosos.
- um por transformação, a partir das micas trioctedrais. Esta formação é sempre incipiente, ligada às bordas ou fraturas dos cristalitos e associadas a uma progressiva vermiculitização das micas. Estas esmectitas, por serem bem estruturadas e por estarem protegidas pelas lamelas de mica, são mais resistentes à alteração e permanecem preservadas, mesmo nos materiais mais evoluídos.

BIBLIOGRAFIA

- KOUNESTRON, O. K. (1976) — *Altération de roches basiques au Togo* — Thèse 3^o cycle, Faculté des Sciences, Paris, 170 p.
- TESSIER, D. (1975) — *Recherches expérimentales sur l'organisation des particules dans les argiles*. Thèse présentée au CNAM, Paris, 231 p.

LEGENDAS

- Figura 1 — Aspecto fibroso dos cristais de piroxênio da rocha fresca. Aumento 2.800X.
- Figura 2 — Início de alteração dos piroxênios. Desenvolvimento de produtos mal cristalizados associado às fibras. Aumento 2.500 X.
- Figura 3 — Estrutura típica de esmectitas. Aumento 17.000X.
- Figura 4 — Mica em início de alteração. A vermiculitização é visível. Aumento 9.500X.
- Figura 5 — Desenvolvimento de esmectita nas bordas vermiculitizadas das micas. Aumento 2.000X.
- Figura 6 — Formação de esmectita entre as lamelas da mica. Aumento 4.000X.

