

v. eus per Suel.

HALOISITA E MONTMORILONITA EM SOLOS PROVENIENTES DA ALTERAÇÃO DE GRANULITOS NA ÁREA ILHÉUS-JITAÚNA, BAHIA

Por

A. C. MONIZ⁽¹⁾, TEODORA M. L. CONCEIÇÃO⁽²⁾, JOAQUIM J. DE OLIVEIRA⁽²⁾
e G. SIEFFERMANN⁽³⁾

ABSTRACT

The granulites from Ilhéus-Jitaúna area were weathered mainly in halloysite and montmorillonite, the latter occurring nearly in 40% of the sampling sites. Ilhéus has a rainfall higher than 1,300 while Jitaúna has a rainfall higher than 750 mm. The mineralogical composition of the weathered material from both places seems to be similar. Both X-ray diffraction and electron microscope analysis were applied in the mineralogical identification of the weathered material.

Chemical analysis including microelements of 8 samples of fresh and first two weathered layers were carried out. Gains and losses of the weathered granulite, composed mainly of montmorillonitic material, were calculated according to the isovolumetric method. Concerning the alkaline and alkaline-earth elements removal from the more weathered layer, calcium and magnesium were the most depleted while sodium and potassium the least. Na and K had also the tendency to be retained in the less weathered layers.

INTRODUÇÃO

A área, situada entre Ilhéus e Jitaúna, compreende rochas do embasamento cristalino constituído de granulitos, migmatitos e gnaisses. Consideram-se essas rochas como sendo do Pré-Cambriano médio; no mapa geológico do Brasil aparecem como Pré-Cambriano Indiviso.

Os afloramentos observados ao longo das principais estradas da região permitem verificar uma variação na composição dessas rochas: passagem a curta distância de bandas de rochas básicas a bandas de rochas ácidas.

O relevo dessa região é bem acentuado. Os rios fortemente entalhados modelam uma paisagem de morros e vertentes abruptas, sobretudo na área próxima à Jitaúna. Em direção à Itabuna, a partir de Ilhéus, observa-se uma suavização do relevo, determinado prova-

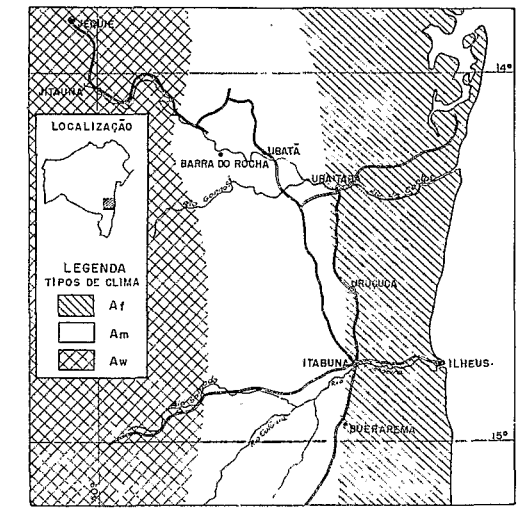


Fig. 1 — Mapa mostrando variação climática, segundo Frota (1972), e localização da área estudada.

velmente pela forte erosão que causou a evacuação de grande parte do manto de alteração. Nas proximidades de Ubatã, Ubatã e mesmo de Itabuna, essas colinas apresentam-se desnudadas, e observam-se afloramentos ao longo das encostas e nos topos. A fraca alteração dá origem a solos pouco espessos.

Ocorre variação climática no sentido da faixa costeira para o interior (Fig. 1). Na primeira área o clima é do tipo Af, tropical quente e úmido, sem estação seca e pluviosis-

- (1) Seção de Pedologia do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, Campinas, SP e Pesquisador do Conselho Nacional de Pesquisas.
- (2) Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA.
- (3) ORSTOM, Paris, França.

23 JUL 1974

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence
n° 7033 Pedo.

dade anual superior a 1.300 mm. Na área situada mais no interior, o clima é do tipo Aw, tropical quente e úmido, com inverno seco e precipitação anual superior a 750 mm. Entre essas duas áreas, ocorre clima do tipo Am, transição entre Af e Aw, quente e úmido, com estação seca compensada pelo total anual elevado.

Neste trabalho procurou-se estudar química e mineralogicamente perfis de alteração de granulitos, com a finalidade de caracterizar seus produtos de alteração e estudar a mobilidade relativa de seus constituintes, macro e microelementos.

MÉTODOS DE CAMPO E DE LABORATÓRIO

Realizaram-se análises mineralógicas de 30 amostras das primeiras fases de alteração de granulitos. Essas amostras são provenientes de 14 cortes de estrada, onde se encontrava exposta a rocha inalterada, na sua maioria granulitos ácidos, e as fases iniciais de alteração. A camada de alteração, por ser fina, propiciou o aparecimento de solos rasos.

Os produtos de meteorização foram estudados mineralogicamente com difração dos raios X; realizou-se também exame com microscopia eletrônica (1), para complementar a caracterização mineralógica de alguns materiais selecionados. Separou-se a fração argila dos materiais parcialmente alterados para melhor caracterização de seus colóides. Em seguida selecionaram-se 8 amostras, provenientes de três perfis (R-74, R-65 e R-70) e efetuaram-se análises químicas para determinação de seus macro e microelementos.

Para estudo da mobilidade relativa dos seus constituintes, utilizou-se o método isovolumétrico recomendado por Millot e Bonifas (1955). Esse método é baseado na premissa de que o volume aparente de uma rocha é conservado nas fases sucessivas de sua meteorização. Dos materiais estudados, as determinações mais precisas de densidade aparente foram as das primeiras camadas das rochas R-74 e R-65, que se apresentavam bem coerentes, e das rochas inalteradas. As segundas camadas das rochas R-74 e R-65 e a primeira camada da R-70, todas aparentemente numa fase se-

melhante de alteração, apresentaram algumas pequenas fendas de ressecamento, o que pode ter alterado o volume primitivo da rocha original. Dessa maneira, a determinação da densidade aparente destes três últimos materiais foi provavelmente menos precisa do que as demais determinações.

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA E QUÍMICA

O principal argilo-mineral encontrado nas duas primeiras camadas de alteração dos granulitos foi a haloisita ($2H_2O$), seguindo-se, em importância, a montmorilonita. Este último mineral foi observado em 6 dos 14 locais de amostragem. O ferro livre identificado foi a goetita, enquanto pequenos teores de gibbsita só foram observados em apenas dois locais.

Possivelmente a variação climática não teve influência marcante na composição mineralógica dos produtos de alteração; não foram encontradas evidências que mostrassem diferenças significativas na composição mineralógica entre os produtos de alteração dos granulitos das áreas de Jitaúna e da costeira.

Na Fig. 2 são apresentados difratogramas de alguns materiais de composição haloisítica, tendo mica subordinadamente. A amostra R-84 provém da área de Jitaúna, e a amostra R-61 da área entre Ubaitaba e Uruçuca. O exame com microscopia eletrônica da fração argila da amostra R-61 revelou a presença de tubos de haloisita, com dimensões variadas (Fig. 3). Encontrou-se, dessa maneira, haloisita em áreas com clima do tipo Aw, com inverno seco (Fig. 2, amostra R-84) e em área com clima do tipo Af, com inverno úmido (Fig. 2, amostra R-61), assim como na área intermediária, com clima do tipo Am. Essas observações contudo não estão de acordo com dados da literatura: segundo Beutelspacher e Marel, citados por Chukhrov e Zvyagin (1966), haloisita é o principal argilo-mineral em áreas com períodos quentes e chuvas torrenciais, interrompidos por um pequeno intervalo seco, como na Sumatra e em Java; nos solos vermelhos mediterrâneos e em solos de regiões com longos períodos secos, como no Brasil, em Cuba e na Austrália, haloisita é rara ou ausente, mas a caulinita é o mineral comum.

Pode-se concluir, em face dos dados apresentados, que o fator clima, e em particular a ocorrência de pequenos intervalos secos, num clima quente e úmido, não é decisivo para es-

(1) Os autores agradecem ao Dr. Elliot W. Kitajima pelas micrografias eletrônicas, que permitiram o esclarecimento de características morfológicas dos argilo-minerais.

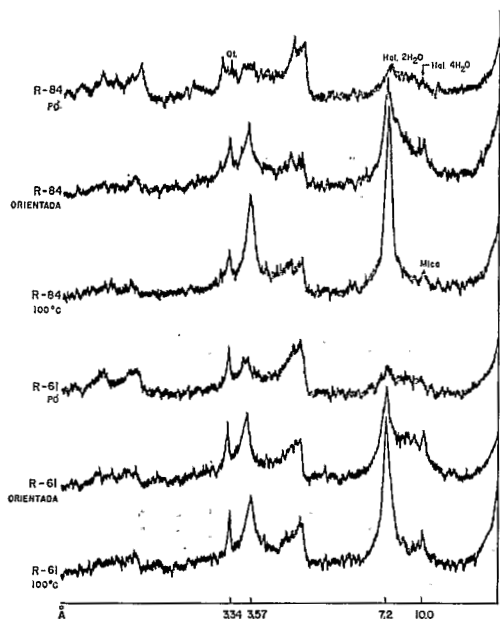


Fig. 2 — Difractogramas de fração argila das amostras R-84 e R-61, constituída essencialmente de haloisita ($2H_2O$) e haloisita ($4H_2O$). Observa-se a presença de pequenos teores de mica e quartzo.

tabelecer condições de formação de haloisita, já que se encontrou esse argilo-mineral em áreas onde ocorria acentuada estação seca.

Na tabela 1 encontram-se os resultados de análises químicas (1) de três granulitos inalterados, de tipos diferentes, e seus produtos de alteração, assim como a localização dos mes-

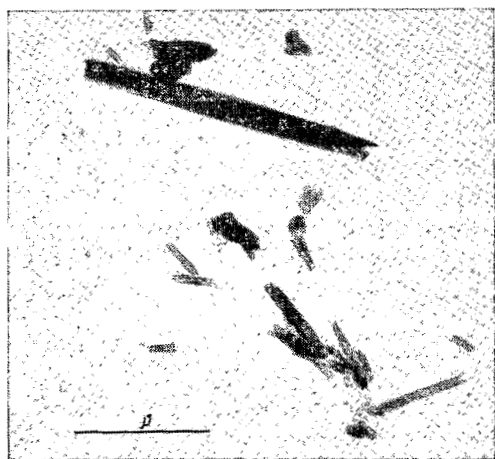


Fig. 3 — Micrografia eletrônica da fração argila da amostra R-61, mostrando tubos de haloisita.

(1) Os autores agradecem ao Dr. Ives Besnus do Instituto de Geologia da Universidade Louis Pasteur, Strasbourg, França, pelas análises químicas.

mos. Em que pese a diferença de composição química dessas rochas, seus produtos de alteração são constituídos essencialmente de montmorilonita. Esse argilo-mineral foi identificado pelo espaçamento basal de 14 \AA , o qual, quando glicolado, passou para 18 \AA , como pode ser visto nos difratogramas das camadas mais alteradas das rochas R-74, R-65 e R-70 (Fig. 4). A morfologia típica desse argilo-mineral pode ser vista na micrografia eletrônica da fração argila da camada mais alterada da rocha R-70, onde se observa o predomínio de partículas muito finas, com contorno irregular (Fig. 5).

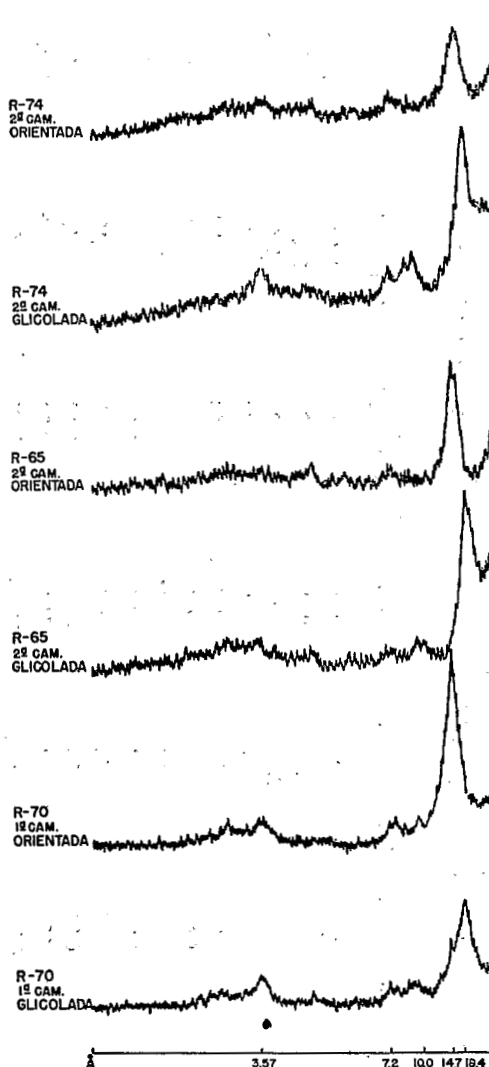


Fig. 4 — Difractogramas da fração argila das camadas mais alteradas das amostras R-74, R-65 e R-70, constituída predominantemente de montmorilonita.

TABELA 1

Análise química de três granulitos inalterados e das primeiras camadas de alteração, provenientes da região Ilhéus-Jitaúna, BA

	Granulito básico (R-74)		Granulito ácido (R-65)			Granulito diorítico (R-70)		
	Inalterado	1ª camada	2ª camada	Inalterado	1ª camada	2ª camada	Inalterado	1ª camada
SiO ₂	48,5	60,6	52,2	58,4	57,2	55,1	56,8	57,3
Al ₂ O ₃	13,9	17,9	21,2	18,2	19,6	19,7	14,0	16,8
Fe ₂ O ₃	16,3	7,6	14,2	7,9	7,4	10,7	5,9	7,2
MgO	6,2	3,71	1,22	1,22	0,60	0,76	4,65	2,22
CaO	10,00	5,0	0,90	5,10	3,70	1,70	5,40	1,20
Na ₂ O	2,91	4,39	0,65	5,89	6,31	3,90	3,64	3,75
K ₂ O ⁺	0,45	0,67	0,11	2,39	2,60	1,64	6,00	4,55
H ₂ O ⁺	0,35	0,27	10,0	0,17	0,63	4,94	0,52	3,81
TiO ₂	1,27	0,58	0,60	1,06	1,17	1,15	1,01	1,40
Mn ₃ O ₄	0,24	0,10	—	0,19	0,15	0,04	0,08	0,09
Soma	100,12	100,82	101,08	100,52	99,36	99,63	98,00	98,32
H ₂ O ⁻	0,07	0,32	13,39	0,12	0,70	7,02	0,12	4,48
Densidade aparente	3,01	1,84	1,82	2,69	2,60	1,82	2,70	1,90

Microelementos, em ppm

Cr	43	373	252	44	39	14	118	206
V	209	76	145	35	36	39	196	79
Ni	71	45	115	6	4	8	83	71
Co	58	28	38	6	6	8	17	30
Ba	44	337	44	1527	1049	938	4322	4044
Sr	111	237	59	1057	1651	615	1832	1691
Cu	50	29	42	21	48	9	26	17
Zn	166	112	264	122	118	267	92	105
Ga	14	18	27	20	21	21	17	22
Pb	—	2	7	—	—	—	15	18

R-74 — Ubatã, BA, na estrada para Jequié, a cerca de 12 Km da cidade

R-65 — Uruçuca, BA, na estrada para Ilhéus, a cerca de 12 Km da cidade

R-70 — Itabuna, BA, na saída da cidade para Ubaitaba

Segundo Keller (1964), as condições que conduzem à formação de montmorilonita contrastam com as condições sob as quais a caulinita é formada. É esperado que o sistema químico no qual a montmorilonita é formada, seja caracterizado pela alta relação Si:Al e abundância relativa de Mg, Fe, Ca, Na e K e correspondente menor concentração de íons H.

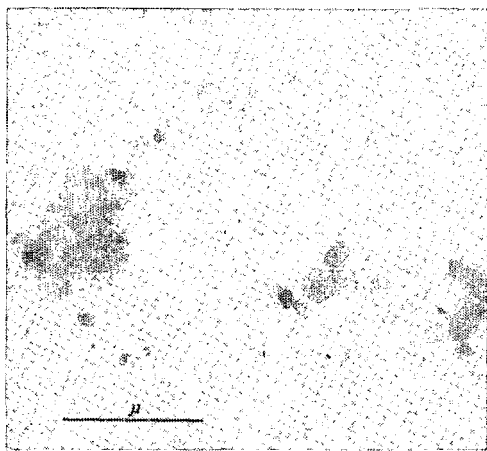


Fig. 5 — Micrografia eletrônica da fração argila da amostra R-69, mostrando partículas finas e irregulares de montmorilonita.

Ná região estudada, provavelmente o ambiente químico para formação da haloisita, um mineral do grupo da caulinita não seria tão diferente do da montmorilonita. Essa suposição baseia-se no fato de se ter encontrado esses dois argilo-minerais dentro de uma mesma zona climática e formados a partir do mesmo tipo de rocha; e o que é mais significativo, é ter-se encontrado amostras em que esses dois argilo-minerais ocorrem associados, como pode ser visto pela micrografia da amostra R-58, proveniente de Ubaitaba (Fig. 6).

Segundo Barshad (1966), o ambiente químico propício para a formação de montmorilonita ocorre em áreas com precipitação pluviual anual inferior a 1.000 mm; para que esse argilo-mineral ocorra como mineral dominante, a precipitação deve ser inferior a 250 mm. Como encontrou-se esse argilo-mineral em áreas com precipitação superior a 1.300 mm, na região de Ilhéus, pode-se levantar, pelo menos, duas hipóteses para explicar sua formação. A primeira, seria devido a uma possível condição local, que favoreceria a retenção de

bases, criando um meio ambiente favorável para a sua formação; segunda, a montmorilonita seria remanescente de materiais formados em clima pretérito, bem mais seco que o atual.

Como se pode observar (Tabela 2), a sílica apresentou uma remoção moderada e semelhante em todas as camadas mais alteradas, enquanto o ferro também apresentou uma pequena remoção em todas as camadas alteradas, ao contrário do que se observa na alteração de rochas basálticas do sul do país, onde o ferro, em condições de boa drenagem, é retido na maioria dos casos (Levi e Melfi, 1971 e Moniz et. al., 1972).

Dentre os elementos alcalinos e alcalino-terrosos, o sódio e potássio foram os elementos que apresentaram maior tendência de retenção das camadas alteradas das rochas R-74 e R-65, em vez do cálcio e manganês, como foi observado por Levi e Melfi (1971) e Moniz et. al. (1972) para rochas basálticas.

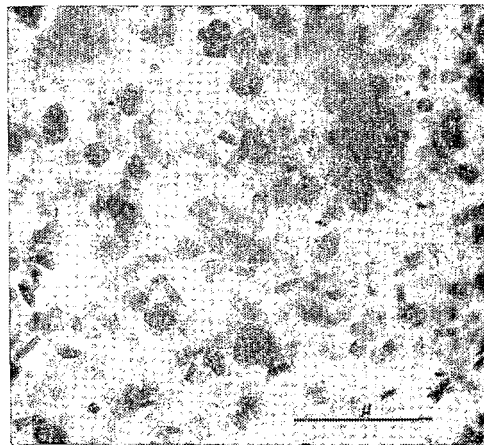


Fig. 6 — Micrografia eletrônica da fração argila da amostra R-58, mostrando a associação de haloisita (tubos) com montmorilonita (placas).

A maior parte dos microelementos foi removida durante o processo de meteorização (Tabela 2), sendo que alguns deles não apresentaram um comportamento uniforme, como o Cr, Co, Sr, Cu, Zn e Ga, que ore se concentraram, ora eram removidos.

Sighinolfi et. al. (1973) estudou produtos de alteração de granulitos da região de Salvador, BA, que se encontram numa fase de maior alteração do que os provenientes da região de Ilhéus-Jitaúna. Esse autor verificou

TABELA 2

Remoção (—) e concentração (+) dos constituintes, em percentagem, dos produtos de alteração de granulitos da região Ilhéus-Jitaúna, BA, calculadas pelo método isovolumétrico (*)

	Granulito básico (R-74)		1ª camada	Granulito ácido (R-65)	
	1ª camada	2ª camada		2ª camada	1ª camada
					Granulito diorítico (R-70)
SiO ₂	-24	-35	-5	-36	-29
Al ₂ O ₃	-20	-8	+4	-27	-16
Fe ₂ O ₃	-71	-47	-9	-8	-14
MgO	-63	-88	-52	-58	-66
CaO	-69	-94	-30	-77	-84
Na ₂ O	-8	-86	+4	-55	-28
K ₂ O ₊	-9	-85	+5	-53	-47
H ₂ O	-53	+1633	+256	+1853	+417
TiO ₂	-72	-71	+7	-27	-3
Mn ₃ O ₄	-75	-75	-24	-86	-18
Cr	+430	+254	-14	-78	+23
V	-78	-58	-1	-25	-72
Ni	-61	-2	-35	-10	-40
Co	-70	-60	-3	-10	+24
Ba	-53	-40	-34	-58	-34
Sr	+30	-68	-51	-61	-35
Cu	-65	-49	+120	-71	-54
Zn	-59	-4	-6	+48	-20
Ga	-21	+17	+1	-29	-9
Pb	—	—	—	—	-16

(*) Ver na Tabela 1 procedências das amostras

que entre os elementos alcalinos e alcalino-terrosos o cálcio é o mais removido, e o potássio o menos, o que está de acordo com os dados aqui obtidos. Nos materiais estudados

por Sighinolfi et. al. (1973), o sódio apresentou uma tendência para ser mais removido do que o magnésio, o oposto do que foi observado para os materiais de Ilhéus-Jitaúna.

BIBLIOGRAFIA

- BARSHAD, I. (1966) — The effect of a variation in precipitation on the nature of clay mineral formation in soils from acid and basic igneous rocks. *in* Int. Clay Conf. Israel. Proceedings. Jerusalem, Israel — Program for Scientific Translation, v. 1: 167-173.
- CHUKHROV, F. V. e ZVYAGIN, B. B. (1966) — Halloysite, a crystallochemically and mineralogically distinct species *in* Int. Clay Conf. Israel. Proceedings. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translation, v. 1: 11-25.
- FROTA, P. C. E. (1972) — Clima da micro-região programa 3, litoral sul. Itabuna, CEPLAC, 8 pp. (mimeografado).
- KELLER, W. D. (1964) — Processes of origin and alteration of clay minerals *in* Rich. C. I. e Kunze, G. W. — Soil clay mineralogy — A symposium pp. 4-76.
- LEVI, F. e MELFI, A. J. (1971) — Geochemical and mineralogical study of the first stages of weathering of basic and related rocks. Part 2 Geochemical study. *Rev. Brasil. Geoc.*, 2: 1-7.
- MILLOT, G. e BONIFAS, M. (1955) — Transformations isovolumétriques dans les phénomènes de latérisation et bauxitisation. *Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.* Vol. 8: 3-10.
- MONIZ, A. C.; NASCIMENTO, A. C. e PAIVA NETTO, J. E. de (1972) — Mobilidade dos constituintes de rochas básicas de São Paulo durante o intemperismo. XXVI Congres. Bras. Geologia — Belém, Pará.
- SIGHINOLFI, G. P.; AZEVEDO, L. S. P.; LINHARES, P. S. e MONIZ, A. C. (1973) — Mineralogical and chemical variations induced by tropical weathering of granulitic rocks from the Brazilian basement. (A ser submetido à publicação na *Rev. Brasil. Geoc.* em março de 1973.