

Recebido em 18 de Julho de 1980.

As argilas dos solos da ilha Graciosa (Açores). Alguns aspectos relacionados com a sua génese (*)

por

A. F. A. Sanchez Furtado **

RESUMO

Faz-se o estudo da fracção argilosa dos solos da ilha Graciosa derivados de materiais vulcânicos.

Os resultados obtidos mostram que os constituintes fundamentais das argilas são a caulinite, a montmorilonite e os materiais amorfos (silico-aluminosos e ferruginosos).

Os materiais amorfos que se encontram mais ou menos bem representados em quase todas as amostras estudadas, predominam nos solos das regiões afectadas por actividade vulcânica recente.

A caulinite é o mineral predominante nos solos mais evoluídos, particularmente nos da metade norte da Ilha.

A montmorilonite aparece sobretudo ligada aos materiais piroclásticos finos que cobrem os flancos do *Maciço da Caldeira*, na parte SW da ilha.

RESUME

On fait l'étude de la fraction argileuse des sols de l'île Graciosa dérivés de matériaux volcaniques.

Les minéraux prédominants sont la kaolinite, la montmorillonite et les matériaux amorphes silico-alumineux et ferrugineux.

(*) Trabalho realizado no âmbito das linhas de investigação do Centro de Pedologia da Universidade Técnica de Lisboa, do I. N. I. C..

(**) Do Centro de Estudos de Pedologia Tropical — J. I. C. U..

La kaolinite est le minéral fondamental des argiles des sols plus évolués, principalement ceux qui se trouvent dans la *Região Baixa do NW*.

La montmorillonite apparaît surtout liée à des matériaux pyroclastiques fins qui recouvrent les flancs du *Maciço da Caldeira*.

Les matériaux amorphes qui se trouvent plus au moins bien représentés dans la plupart des échantillons, prédominent dans les sols dérivés des matériaux volcaniques récents.

SYNOPSIS

The clay fraction of soils of Graciosa island is studied. The soils are derived from volcanic materials.

Results obtained show that the main constituents of clay are kaolinite, montmorillonite and amorphous materials silico-aluminous and ferruginous.

Kaolinite is the dominant mineral in the more developed soils, particularly those in the northern half of the island.

Montmorillonite appears mainly in connection with the fine piroclastic materials that cover the flanks of the *Maciço da Caldeira*, in the SW part of the island.

Amorphous materials are more or less well represented in almost all samples that were studied, but more so in soils derived from volcanic materials of recent origin.

No prosseguimento do estudo das argilas dos solos das ilhas do Arquipélago dos Açores (Furtado, 1975; Furtado, 1978) faz-se neste trabalho o inventário dos minerais argilosos da ilha Graciosa.

I. MEIO NATURAL

1. MORFOLOGIA E GEOLOGIA

Do ponto de vista morfológico (Zbyszewski *et al.*, 1972) na ilha Graciosa podem considerar-se quatro grandes unidades: a *Região Baixa do NW*, a *Serra das Fontes*, o *Maciço da Serra Branca* e da *Serra Dormida* e o *Maciço da Caldeira*.

A *Região Baixa do NW* ocupa uma vasta zona mais ou menos aplanada, limitada aproximadamente pela curva de nível de 100 m, semeada aqui e além por pequenos aparelhos vulcânicos cuja altitude não ultrapassa os 200 m.

A *Serra das Fontes*, situada a norte da parte central da ilha, tem uma configuração mais ou menos arredondada, destacando-se neste conjunto o aspecto abrupto dos flancos sul e este.

O *Maciço da Serra Branca* e da *Serra Dormida* é um complexo vulcânico que se estende a SW da Serra das Fontes onde se observam vários aparelhos vulcânicos, entre os quais o pico do Timão que deu saída, no flanco N, a uma lava basáltica moderna.

O *Maciço da Caldeira* ocupa a extremidade SE da ilha sendo constituído por um aparelho vulcânico com a direcção NW-SE.

Do ponto de vista litológico (Zbyszewski *et al*, 1972) a ilha Graciosa caracteriza-se pela existência de basaltos, traquitos, andesitos, materiais piroclásticos (escórias, lapillis, tufos e pedra pomes) e formações sedimentares.

Os basaltos predominam sobre todas as outras rochas, distribuindo-se principalmente pelas três zonas seguintes: entre o *Maciço da Caldeira* e o *Maciço da Serra Branca* e da *Serra Dormida*, nos flancos N e E da *Serra das Fontes* e em grande parte da *Região Baixa do NW*.

Os andesitos encontram-se em várias zonas, destacando-se dois afloramentos principais: o que se estende ao longo do flanco meridional da *Serra das Fontes* e aquele que se localiza no flanco sudoeste do *Maciço da Caldeira*.

Os traquitos ocupam pequenas manchas na Ponta Branca, nas Pedras Brancas e na Feiteira, sendo esta última a que tem maior desenvolvimento.

As formações sedimentares estão fracamente representadas, apenas sendo de salientar depósitos de praia ao longo da costa e depósitos de transporte torrencial particularmente na zona de Guadalupe.

2. CLIMA

O clima da ilha Graciosa é condicionado pelo relevo e pela direcção dos ventos (Brum Ferreira, 1968). Da conjugação destes dois factores resulta que é no lado sul da ilha onde chove mais, pois é aí que se situam as maiores altitudes e são dos quadrantes sul e oeste os ventos mais húmidos. Segundo a classificação de Thorntwaite, nesta região o clima é dos tipos húmido (B₁, B₂ e B₃) e sub-húmido chuvoso (C₂).

As quedas pluviométricas anuais estão compreendidas entre 900 e os 1400 mm e as temperaturas médias anuais variam entre os 14 e os 17° C.

II. MATERIAL E MÉTODOS

1. MATERIAL

Neste trabalho faz-se o estudo da fracção argilosa de amostras provenientes de 38 perfis (*) de solos localizados em várias regiões da ilha Graciosa (Mapa I).

2. METODOS

As amostras foram estudadas por métodos físicos (difracção pelos raios X e análise térmica diferencial) e químicos. As técnicas utilizadas encontram-se descritas em trabalhos anteriores (Furtado, 1967 e 1975; Furtado e Barral, 1976).

III. RESULTADOS

Os resultados obtidos no estudo dos diferentes perfis encontram-se nos Quadros I a VIII.

Uma primeira constatação que se retira do estudo radiográfico é o fraco desenvolvimento dos picos na maioria das amostras estudadas, mesmo naquelas em que o material não cristalino aparece em baixas quantidades. Por outro lado é de assinalar que em muitas amostras a matéria orgânica não foi totalmente eliminada, resultando deste facto o aparecimento de efeitos endo e exotérmicos que prejudicaram a interpretação dos diagramas de análise térmica diferencial.

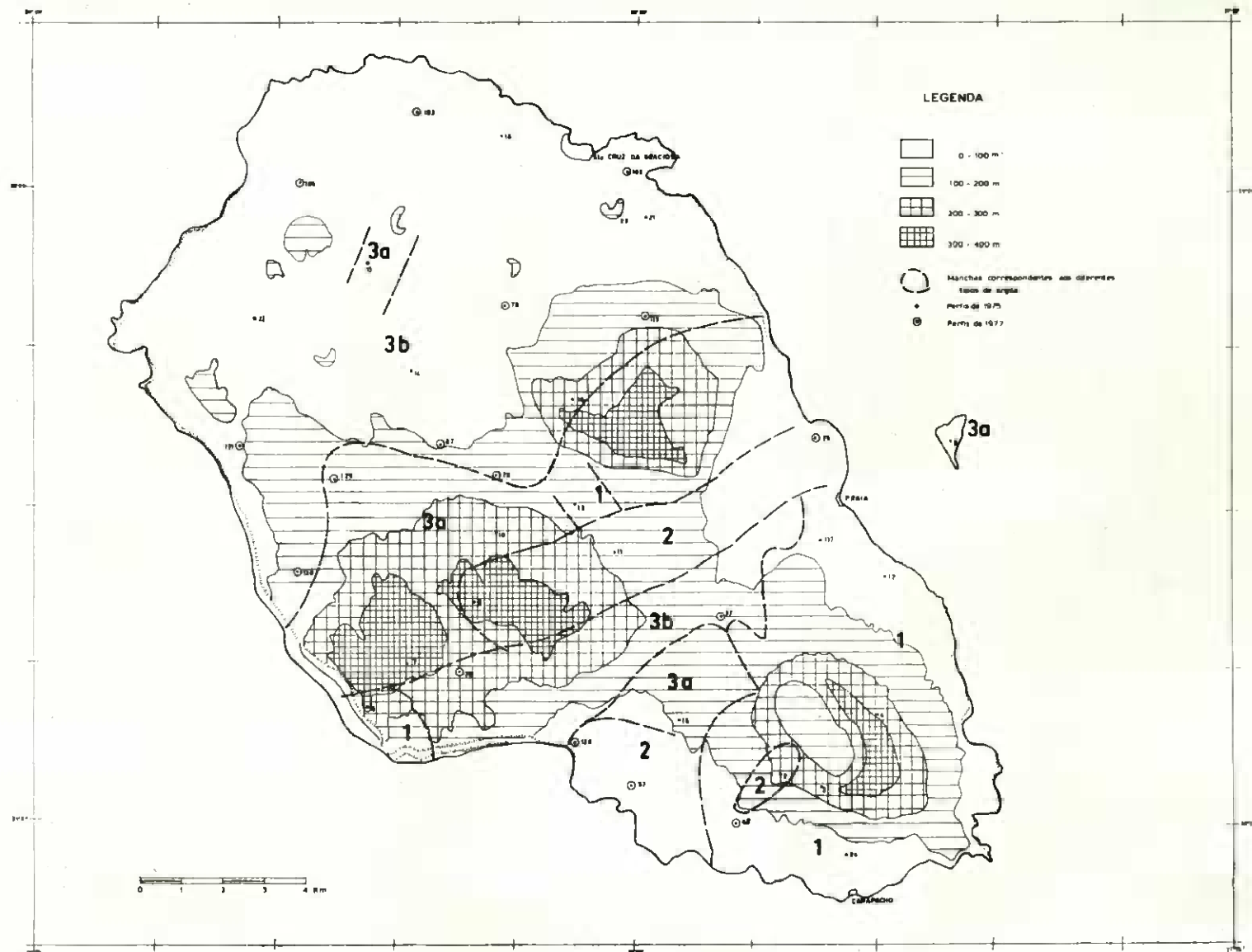
Apesar destas limitações foi possível, com base nas diferentes técnicas utilizadas, estabelecer uma composição semi-quantitativa. A determinação do material não cristalino foi feita recorrendo ao método de Segalen.

Em função dos resultados obtidos fez-se a distribuição dos perfis pelos agrupamentos abaixo considerados e correspondentes às manchas representadas no Mapa I.

1. PERFIS EM QUE UM MINERAL DO GRUPO DA MONTMORILONITE ESTÁ GERALMENTE PRESENTE EM TODOS OS HORIZONTES

Os perfis deste agrupamento encontram-se em todos os tipos de clima e são, na sua maioria, derivados de materiais de projecção acinzentados (de granulometria em geral fina) e escórias.

(*) Perfis observados pelos Eng.ºs Agrónomos J. M. Bettencourt Medina e J. T. Grillo com vista à elaboração do «Esboço Pedológico da Ilha Graciosa».



MAPA I — Carta hipsométrica da ilha Graciosa com a localização dos perfis e manchas correspondentes aos diferentes tipos de argila: 1 — perfis em que a montmorilonite está normalmente presente em todos os horizontes. 2 — perfis onde predominam materiais amorfos. 3 — perfis essencialmente constituídos por minerais cauliniticos

1.1. ANÁLISE QUÍMICA TOTAL

As relações moleculares $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (Quadro I) estão na sua maior parte compreendidas entre 2,40 e 4,64 deixando prever, sobretudo naquelas amostras em que os valores são mais elevados, a presença dum mineral da família dos montmorilonoides.

QUADRO I

Composição química da argila total e da fracção amorfa de amostras dos perfis do agrupamento 1

Perfil	Amostra	Composição química total				Composição química fracção amorfa			
		SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	(1) $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	(1) $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$
3/75	1945M	40,64	14,92	16,64	4,64	—	—	—	—
	1946M	42,68	15,97	16,30	4,53	—	—	—	—
	1947M	44,34	18,49	16,64	4,08	—	—	—	—
	1948M	44,16	17,23	16,64	4,35	—	—	—	—
	1949M	44,52	17,23	16,64	4,39	—	—	—	—
4/75	1951M	30,26	26,26	16,64	1,95	—	—	—	—
	1952M	—	—	—	—	4,6	5,6	9,8	1,45
	1953M	40,52	24,97	11,98	2,78	4,8	4,8	7,0	2,35
	1956M	41,40	29,83	11,65	2,35	—	—	—	—
6/75	1966M	43,40	23,95	12,31	3,08	—	—	—	—
	1967M	—	—	—	—	7,6	4,0	7,6	3,22
	1968M	35,76	22,69	14,14	2,67	—	—	—	—
	1969M	34,75	24,58	13,64	2,40	—	—	—	—
	1970M	39,14	26,89	13,64	2,40	—	—	—	—
	1972M	38,07	23,74	15,97	2,72	—	—	—	—
	1973M	42,73	22,69	13,64	3,19	5,5	3,3	7,5	2,83
12/75	2005M	36,80	18,22	10,48	3,43	6,4	3,4	7,1	3,19
	2007M	—	—	—	—	4,4	3,5	5,6	2,14
	2008M	37,98	22,06	11,65	2,93	3,3	3,0	6,2	1,87
13/75	2013M	41,15	27,73	12,52	2,52	5,5	3,3	6,2	1,84
19/75	2050M	36,28	30,67	12,98	2,01	3,1	6,2	9,4	0,85
	2051M	38,06	23,73	13,85	2,72	—	—	—	—
117/77	2348M	36,63	23,11	15,64	2,69	8,4	6,3	9,6	2,26
48/77	2392M	42,96	21,43	15,81	3,40	4,0	2,2	5,4	3,08
37/77	2407M	30,32	23,53	17,47	2,19	—	—	—	—
	2408M	33,00	23,95	15,64	2,34	4,4	7,2	9,8	1,04

(1) Relação molecular.

1.2. DOSAGEM DOS ELEMENTOS AMORFOS

A utilização do método de Segalen em amostras que contêm minerais do grupo dos montmorilonoides é extremamente controversa, pois estes minerais são relativamente frágeis, podendo ser parcialmente afectados ao longo dos diferentes ataques.

Os resultados obtidos parecem ir de encontro a esta opinião pois, em geral, a relação sílica/alumina do material suposto amorfo de amostras onde a montmorilonite é o mineral dominante, aproxima-se da correspondente à da amostra total (Quadro I). Isto não invalida que não se possa admitir a presença de material amorfo sílico-aluminoso nas amostras com menor percentagem de montmorilonite, em quantidades normalmente inferiores a 15%.

Na Fig. 1 apresentam-se as curvas de dissolução da sílica, da alumina e do ferro duma amostra onde a montmorilonite se encontra em quantidades menos elevadas.

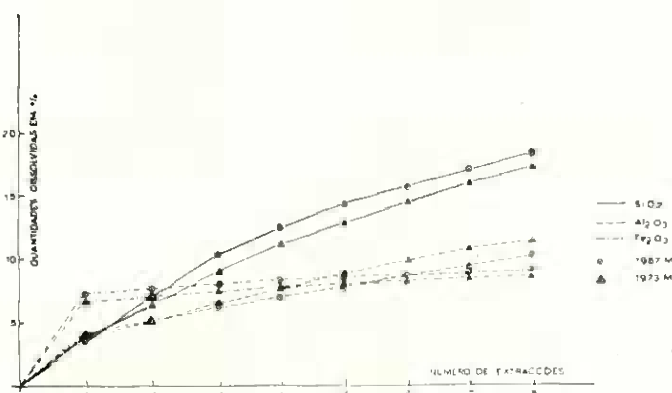


Fig. 1 — Curvas de extracção dos produtos amorfos das amostras 1967M e 1973M do perfil 6/75

1.3. ANALISE MINERALÓGICA

Os resultados das determinações aos raios X e da análise térmica diferencial (Quadro II) mostram que a montmorilonite se encontra como constituinte dominante nas argilas dos perfis 3/75, 12/75 e 48/77. Nos outros perfis aquele mineral aparece representado em quantidades bastante inferiores sendo o mineral dominante a caulinite; para além destes dois constituintes, de prováveis materiais amorfos silico-aluminosos e de amorfos ferruginosos, é de assinalar a presença de minerais micáceos (nos perfis 6/75 e 12/75), de feldspato e piroxenas, na grande maioria das amostras, embora em baixas quantidades.

Verifica-se ainda quanto aos perfis 19/75 e 117/77 que a montmorilonite, embora dominante nos horizontes mais profundos, desaparece ou está fracamente representada nos horizontes superiores.

1.4. CONCLUSÕES

A presença de montmorilonite parece estar ligada à natureza básica do material originário e a condições de deficiente drenagem. O clima não parece ser factor influente na génese da montmorilonite pois este mineral encontra-se, em geral, em todos os climas e aparece até dominante nas zonas mais húmidas.

2. PERFIS ONDE PREDOMINAM MATERIAIS AMORFOS EM TODOS OS HORIZONTES

Os perfis deste agrupamento encontram-se sob todas as condições climáticas, sendo derivados de rochas basálticas, com excepção dos perfis 2/75 e 9/75 que se localizam em manchas cartografadas como andesitos e escórias, respectivamente.

2.1. ANALISE QUÍMICA TOTAL

As relações moleculares sílica/alumina das argilas (Quadro III) estão compreendidas entre 0,99 e 2,82. O teor de ferro é relativamente elevado pois está compreendido entre 12 e 20%.

QUADRO II

Composição mineralógica da argila dos perfis do agrupamento 1

Perfil	Amostra	Profundidade (cm)	Caulinite	Montmorilonite	Minerais micáceos	Alifanas %	Ferro amorfo %	Outros	
3/75	1945M	0-19	—	1	—	?	15-20	4	
	1946M	19-48	—	1	—	?	15-20	4	
	1947M	48-70/78	—	1	—	?	15-20	4	
	1948M	70-78/100	—	1	—	?	15-20	4	
	1949M	100-135	—	1	—	?	15-20	4	
4/75	1950M	0-12	2	3	—	> 20	15-20	4	
	1951M	12-38	2	3	—	> 20	15-20	4	
	1952M	38-73	1	3	—	15-20	10-15	4	
	1953M	73-107	2	3	3	10-15	10-15	4	
	1954M	107-120	2	3	3	10-15	10-15	4	
	1955M	120-125	2	3	3	10-15	10-15	4	
	1956M	125-138	2	3	3	10-15	10-15	4	
	6/75	1966M	14-26	1	2	—	10-15	10-15	3
1967M		26-44	1	2	—	10-15	10-15	3	
1968M		44-55	1	2	—	10-15	10-15	3	
1969M		55-64	1	2	—	10-15	10-15	3	
1970M		64-72	1	2	3	10-15	10-15	3	
1971M		72-98	1	2	3	10-15	10-15	3	
1972M		98-129	1	2	3	10-15	10-15	3	
1973M		129-154	1	2	3	10-15	10-15	3	
12/75		2005M	13-27	2	1	3	5-10	5-10	3
		2006M	27-49	2	1	3	5-10	5-10	3
	2007M	49-63	2	1	3	5-10	5-10	3	
	2008M	63-80	2	1	3	5-10	5-10	3	
	2009M	80-110	2	1	3	5-10	5-10	3	
	2010M	110-133	2	1	3	5-10	5-10	3	
	13/75	2012M	16-36	1	—	—	?	5-10	3
2013M		36-58	1	3	—	5-10	5-10	3	
19/75	2050M	0-12/18	1	3	3	5-10	5-10	4	
	2051M	12/18-48	3	1	—	5-10	5-10	4	
117/77	2348M	0-20	2/1	3	—	5-10	10-15	3/4	
	2347M	20-40	2/1	3	—	5-10	10-15	3/4	
	2348M	40-75	2/1	3	—	5-10	10-15	3/4	
	2349M	75-110	2	1	—	5-10	10-15	3/4	
48/77	2390M	0-20	3	1	—	5-10	5-10	4	
	2391M	20-37	3	1	—	5-10	5-10	4	
	2392M	37-54	3	1	—	5-10	5-10	4	
	2393M	54-67	3	1	—	5-10	5-10	4	
	2394M	67-83	4	1	—	5-10	5-10	4	
37/77	2407M	25-40	1	3	—	10-15	10-15	4	
	2408M	40-56/64	1	3	—	10-15	10-15	4	
	2409M	56/64-96	1	3	—	10-15	10-15	4	

1 — > 50%

2 — 50-20%

3 — 20-5%

4 — < 5%

QUADRO III

Composição química da argila e da fracção amorfa de amostras dos perfis do agrupamento R

Perfil	Amostra	Composição química total				Composição química fracção amorfa			
		SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	(1) SiO ₂ /Al ₂ O ₃	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	(1) SiO ₂ /Al ₂ O ₃
2/75	1942M	31,08	24,37	11,98	2,16	11,6	13,5	10,8	1,46
	1943M	35,27	22,69	14,31	2,63	—	—	—	—
9/75	1988M	—	—	—	—	7,5	17,7	6,6	0,72
	1989M	17,80	30,67	19,97	0,99	3,8	29,2	17,9	0,22
11/75	2002M	21,54	32,55	14,47	1,13	7,0- 8,4	24,0	12,0	0,50-0,59
120/77	2350M	35,61	21,43	12,98	2,82	16,4-13,3	9,6- 9,3	9,0	2,43-2,90
	2351M	—	—	—	—	3,0- 5,7	7,2	11,0	0,71-1,34
26/77	2379M	28,44	18,91	12,15	2,55	14,4	14,4	9,8	1,70
55/77	2440M	27,62	25,21	19,47	1,86	—	—	—	—
	2441M	—	—	—	—	11,9	15,1	14,3	1,34

(1) Relação molecular.

2.2. DOSAGEM DOS ELEMENTOS AMORFOS

As curvas de dissolução da alumina e do ferro mostram uma configuração característica da existência de material amorfo, pois após uma forte solubilização na primeira extracção, observa-se uma diminuição acentuada nas seguintes (Figs. 2 e 3). Já as curvas de dissolução da sílica mostram uma variação menos brusca (com excepção das correspondentes às amostras 2002M e 2379M) o que poderá denunciar um melhor arranjo das estruturas siliciosas.

As relações moleculares SiO₂/Al₂O₃ são, com excepção da amostra 2350M, inferiores a 1,80 situando-se mesmo abaixo de 1 nos perfis 9/75 e 11/75, o que mostra que o material amorfo é em parte de natureza aluminosa. As percentagens de alofanos ultrapassam, em geral, os 30% e as do ferro amorfo estão compreendidas entre 10 e 20%, correspondendo a cerca de 80 a 90% do ferro total.

Fig. 2 — *Curvas de extracção dos produtos amorfos das amostras 1988M e 1989M do perfil 9/75*

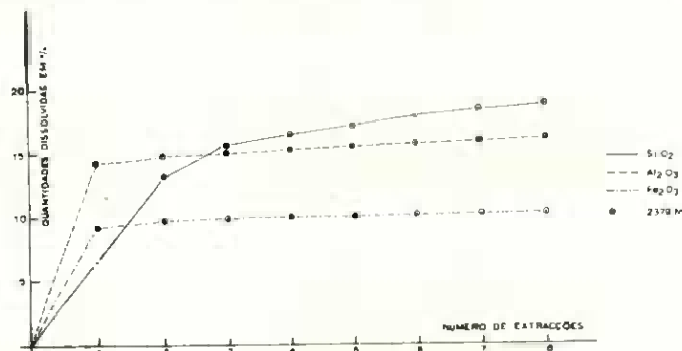
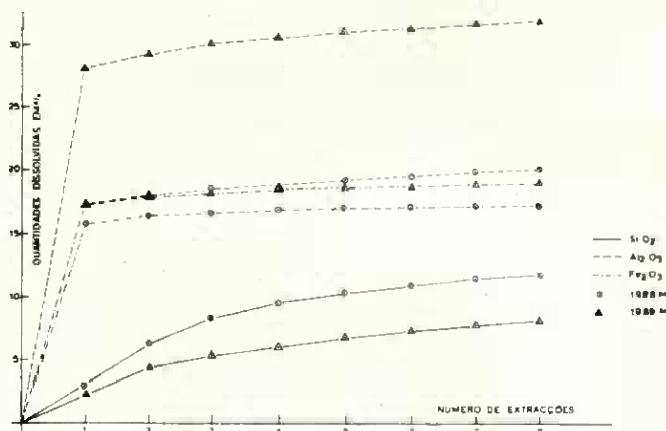


Fig. 3 — *Curvas de extracção dos produtos amorfos da amostra 2379M do perfil 26/77*

2.3. ANALISE MINERALOGICA

A composição mineralógica das amostras deste agrupamento (Quadro IV) foi avaliada, como para as do anterior, a partir do estudo radiográfico e térmico e tendo em conta os resultados obtidos pelo método de Segalen.

As amostras são constituídas, para além de alofanas e minerais amorfos ferruginosos em quantidades compreendidas entre 30 e 60%, por caulinite (presente em todas as amostras), minerais a 14 Å não expansíveis (vermiculite ou clorite), minerais micáceos, gibsite (apenas no perfil 9/75) e por feldspatos e piroxenas. A presença de pequenas quantidades de gibsite ou a sua ausência em amostras onde a fracção amorfa é fundamentalmente aluminosa (com relações sílica/alumina inferiores a 1) leva-nos a admitir que haverá factores impeditivos

QUADRO IV

Composição mineralógica da argila dos perfis do agrupamento 2

Perfil	Amostra	Profundidade (cm)	Caulinite	Minerais a 14 Å	Minerais micáceos	Gibbsite	Alofanias %	Ferro amorfo %	Outros
2/72	1942M	0-4	3	3	—	—	30-40	10-15	3
	1943M	4-24	3	3	—	—	30-40	15-20	3
9/75	1988M	11-22	3	3	—	—	30-40	15-20	3
	1989M	22-39	3	3	—	3/4	35-45	15-20	3
	1990M	39-64	3	3/4	—	4	30-40	15-20	3
	1991M	64-90	3/4	3/4	—	4	30-40	15-20	3
	1992M	90-112	3/4	3/4	—	4	30-40	15-20	3
11/75	2002M	13-28	4	3	—	—	40-45	10-15	3
120/77	2350M	0-35	2	4	4	—	25-30	10-15	3
	2351M	35-63	2/1	4	4	—	10-15	10-15	3
26/77	2379M	0-18/40	3	3	3	—	35-40	10-15	3
57/77	2440M	0-25	2	—	3	—	30-40	15-20	4
	2441M	25-32/40	2	—	3	—	30-35	15-20	4

1 — > 50% 2 — 50-20% 3 — 20-5% 4 — < 5%

para a evolução daqueles materiais para fases cristalinas, para além da juventude do material originário.

É também de assinalar que se encontra um mineral que dá uma reflexão a 14 Å e que não pode corresponder quer à vermiculite quer à clorite.

Como refere Quantin *et al.* (1978) a imogolite (fase de transição entre as alofanas e a caulinite) pode apresentar um pico naquela região com um comportamento idêntico ao observado. Com os meios que dispomos não é possível, no entanto, confirmar esta hipótese embora seja de admitir a presença de imogolite.

2.4. CONCLUSÕES

A presença de quantidades elevadas de materiais amorfs, particularmente de alofanas, deve estar correlacionada com derrames vul-

cânicos recentes, nomeadamente o da Luz e o que se estende entre o Pico do Timão e a Praia.

3. PERFIS ESSENCIALMENTE CONSTITUIDOS POR MINERAIS CAULINITICOS

Os perfis deste agrupamento encontram-se em todas as formações geológicas (com exclusão dos traquitos) e sob todas as condições climáticas. Alguns dos perfis referidos em 1. têm uma composição mineralógica que os colocaria neste agrupamento, mas, como referimos, a presença de montmorilonite leva-nos a colocá-los naquele conjunto.

3.1. ANALISE QUIMICA

As relações moleculares silica/alumina das argilas (Quadros V e VII) estendem-se entre valores que variam entre 1,25 e 2,54, situando-se, no entanto, a grande maioria entre 1,70 e 2,00.

QUADRO V

Composição química da argila e da fracção amorfa de amostras dos perfis do agrupamento 3a

Perfil	Amostra	Composição química total				Composição química fracção amorfa			
		SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (1)	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ (1)
7/75	1975M	22,18	28,75	8,94	1,31	4,2	13,2	8,2	0,54
	1976M	21,26	28,99	10,48	1,25	4,6	17,8	7,4	0,44
8/75	1981M	29,78	25,63	15,97	1,98	8,8	7,9	11,0	1,89
	1984M	28,90	26,89	12,48	1,82	5,8	4,2	6,0	2,34
10/75	1995M	—	—	—	—	2,8	13,0	12,3	0,37
	1996M	20,94	22,27	11,48	1,60	2,8	10,8	9,3	0,44
15/75	2030M	35,60	26,05	13,31	2,34	3,2	5,8	9,8	0,94
	2032M	34,23	31,51	10,81	1,84	6,3	7,0	7,8	1,53
	2033M	34,34	30,25	10,48	1,93	6,2	10,2	8,7	1,03
16/75	2039M	24,75	23,95	16,14	1,75	3,0	12,2	11,6	0,45
129/77	2419M	35,59	29,41	14,47	2,05	8,6	9,8	9,8	1,49
	2420M	31,57	28,93	13,64	1,80	8,2	12,6	10,0	1,10
	2422M	43,83	26,89	11,8	2,77	2,0	2,4	6,0	1,42

(1) Relação molecular.

As percentagens de ferro variam entre 8,5 e 16,6%, inferiores, portanto, às do agrupamento anterior.

3.2. DOSAGEM DOS ELEMENTOS AMORFOS

As quantidades de materiais amorfos determinadas em amostras deste agrupamento estão representadas nos Quadros V e VII. Distribuimos os perfis por dois conjuntos (3a e 3b) em função das quantidades de alofanas presentes: percentagens compreendidas entre 15 e 25% (3a) e percentagens inferiores a 15% (3b).

QUADRO VI

Composição mineralógica da argila do agrupamento 3a

Perfil	Amostra	Profundidade (cm)	Caulinite	Halolsite	Minerais a 14 Å	Minerais micáceos	Gibbsite	Alofanas %	Ferro amorpho %	Outros
7/75	1975M	13-30	2	—	3	3	—	20-25	10-15	4
	1976M	30-43	2	—	3	3	—	20-25	10-15	4
8/75	1980M	14-42	1/2	—	3/4	3/4	—	15-20	10-15	4
	1981M	42-60	1/2	—	3/4	3	—	15-20	10-15	4
	1982M	60-80	1/2	—	2/3	2/3	—	15-20	10-15	4
	1983M	80-94	1/2	—	2/3	3	—	10-15	10-15	4
	1984M	94-115	1/2	—	—	—	—	10-15	5-10	3/4
10/75	1995M	0-15	2	—	2/3	4	—	15-20	10-15	3/4
	1996M	15-46	2	—	2/3	4	4	20-25	10-15	3/4
	1997M	46-62/65	2	—	2/3	4	4	20-25	10-15	3/4
15/75	2030M	0-20	—	1	3/4	—	—	10-15	10-15	4
	2031M	20-42	—	1	—	—	—	10-15	10-15	4
	2032M	42-69	—	1	—	—	—	15-20	10-15	4
	2033M	69-99	—	1	—	—	—	15-20	10-15	4
	2034M	99-115	—	1	—	—	—	15-20	10-15	4
	2035M	115-136	—	1	—	—	—	15-20	10-15	4
	2036M	136-155	—	1	—	—	—	15-20	10-15	4
16/75	2038M	0-12	—	1	3	—	—	20-25	10-15	4
	2039M	12-40	—	1	3	—	—	20-25	10-15	4
129/77	2419M	18-32	1	—	3/4	3/4	—	15-20	10-15	3/4
	2420M	32-55	1	—	3/4	3/4	—	15-20	10-15	3/4
	2421M	55-78	1	—	4	4	—	10-15	10-15	3/4
	2422M	78-110	1	—	4	4	—	5-10	5-10	3/4

1 — > 50%

2 — 50-20%

3 — 20-5%

4 — < 5%

A relação ferro amorfo/ferro total atinge valores elevados nas amostras com maior percentagem de alofanas, descendo substancialmente nalgumas amostras com baixa percentagem daqueles materiais.

As curvas de dissolução da sílica, alumina e ferro correspondentes a duas amostras representativas dos dois conjuntos referidos anteriormente estão representadas nas Figs. 4 e 5.

Fig. 4 — Curvas de extracção dos produtos amorfos das amostras 1955M e 1956M do perfil 10/75

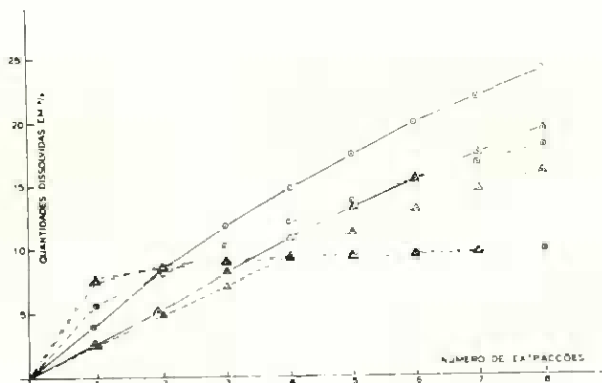
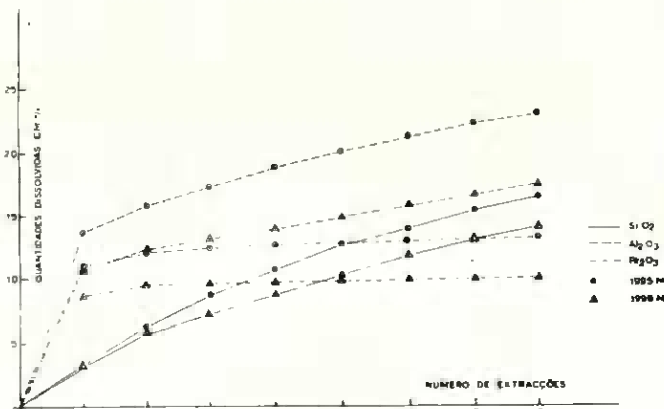


Fig. 5 — Curvas de extracção dos produtos amorfos das amostras 2431M e 2433M do perfil 136/77

3.3. COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

A análise dos resultados obtidos pelas diferentes técnicas utilizadas (Quadros VI e VIII), permite concluir que em todas as amostras predomina um mineral do grupo da caulinite, em quantidades que variam entre os 50 e 80%, o qual se encontra sempre associado a produtos ferruginosos amorfos e alofanas em percentagens que não excedem, na maioria das amostras, os 20%.

QUADRO VII

Composição química da argila e da fracção amorfa do agrupamento 3b

Perfil	Amostra	Composição química total				Composição química fracção amorfa			
		SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ ⁽¹⁾	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	SiO ₂ /Al ₂ O ₃ ⁽¹⁾
14/75	2024M	36,92	32,35	13,31	1,94	2,7	4,7	7,8	0,98
	2026M	38,66	34,03	12,15	1,93	3,5	4,8	6,2	1,24
	2028M	37,33	30,67	10,32	2,07	3,0	4,5	6,5	1,13
18/75	2046M	33,24	26,05	14,14	2,17	—	—	—	—
	2047M	32,15	26,30	13,85	2,07	5,2	5,3	8,7	1,47
21/75	2060M	20,21	20,17	10,32	1,70	4,6	9,0	7,9	0,81
	2062M	33,15	29,83	14,14	1,89	—	—	—	—
22/75	2066M	36,31	28,99	13,31	2,13	5,5	8,8	9,8	1,17
23/75	2072M	25,76	23,53	15,97	1,70	—	—	—	—
	2074M	26,72	25,63	17,80	1,77	4,2	6,6	5,5	1,08
115/77	2344M	32,04	28,15	14,81	1,93	3,8	5,8	9,8	1,11
78/77	2355M	36,91	31,51	11,65	1,99	3,3	4,4	7,7	1,27
	2356M	38,09	30,67	11,15	2,11	—	—	—	—
103/77	2361M	39,57	26,47	13,81	2,54	3,0	3,2	10,1	1,59
106/77	2365M	38,49	30,25	10,65	2,16	4,6	4,4	6,8	1,72
130/77	2371M	37,45	31,09	11,81	2,05	4,9	3,9	7,2	2,13
	2372M	34,91	28,15	13,14	2,11	4,3	6,8	9,5	1,07
121/77	2382M	39,70	28,15	12,15	2,40	4,8	5,0	7,0	1,18
	2383M	37,24	27,73	12,15	2,28	6,3	4,8	7,2	1,24
70/77	2404M	30,73	29,41	14,64	1,77	1,8	4,4	10,6	0,69
72/77	2411M	31,64	28,15	16,64	1,91	4,2	6,2	12,6	1,15
	2414M	36,33	28,36	12,98	2,18	5,8	8,4	8,8	1,17
87/77	2416M	37,64	30,04	12,48	2,13	6,4	5,6	8,4	1,94
	2431M	38,04	31,09	10,98	2,08	5,9	6,4	8,5	1,56
136/77	2432M	38,75	28,99	11,48	2,27	—	—	—	—
	2433M	37,15	31,72	12,81	1,99	2,9	3,0	8,8	1,64
	2438M	32,71	27,94	13,14	1,99	4,4	5,7	9,6	1,33
102/77	2436M	32,71	27,94	13,14	1,99	4,4	5,7	9,6	1,33
	2438M	32,39	27,31	19,63	2,01	4,5	4,4	13,6	1,73

(1) Relação molecular.

Para além daqueles constituintes observam-se nalgumas amostras minerais micáceos e minerais a 14 Å não expansíveis, que se encontram por vezes em quantidades significativas. Finalmente é de referir a presença de gibsite (ocasionalmente), de feldspatos e piroxenas, todos estes minerais em reduzidas quantidades.

QUADRO VIII

Composição mineralógica da argila dos perfis do agrupamento 3b

Perfil	Amostra	Profundidade (cm)	Caulinite	Haloisite	Minerais a 14 Å	Minerais micáceos	Gibbsite	Alófanos %	Ferro amorfo %	Outros
14/75	2024M	40-58		1	—	—	—	5-10	5-10	3
	2025M	58-79		1	—	—	—	5-10	5-10	4
	2026M	79-104		1	—	—	—	5-10	5-10	4
	2027M	104-123		1	—	—	—	5-10	5-10	4
	2028M	123-142		—	1	—	—	5-10	5-10	4
	2029M	142-152		—	1	—	—	5-10	5-10	4
18/75	2046M	0-16		1	—	3	—	10-15	5-10	3/4
	2047M	16-40		1	—	3	—	10-15	5-10	3/4
21/75	2060M	38-60	1	—	—	4	—	10-15	5-10	4
	2061M	60-81	1	—	—	4	—	10-15	5-10	4
	2062M	81-104	1	—	—	4	—	10-15	5-10	4
	2063M	104-128	1	—	—	—	—	10-15	5-10	4
	2064M	128-163	1	—	—	—	—	10-15	5-10	4
	22/75	2065M	0-17	1	—	—	—	—	10-15	10-15
2066M		17-33	1	—	—	3	—	10-15	10-16	4
2067M		33-58	—	1	—	3	—	10-15	10-16	4
23/75	2070M	0-10	1	—	—	—	—	10-15	10-15	4
	2071M	10-32	1	—	—	—	—	10-15	10-15	4
	2072M	32-60	1	—	—	—	—	10-15	10-16	4
	2073M	60-90		1	—	—	—	10-15	10-16	4
	2074M	90-115		1	—	—	—	10-15	10-15	4
	2075M	115-160		—	1	—	4	—	10-15	4
115/77	2344M	0-22	1	—	4	4	—	5-10	10-15	4
78/77	2363M	0-26	1	—	4	4	—	5-10	5-10	4
	2354M	25-50	1	—	4	4	—	5-10	5-10	4
	2355M	50-74	1	—	—	4	—	5-10	5-10	4
	2356M	74-100	—	1	—	4	—	5-10	5-10	4
	2357M	100-108	—	1	—	4	—	5-10	5-10	4
103/77	2360M	0-21	1	—	—	?	—	5-10	10-15	4
	2361M	21-50	1	—	—	2	—	5-10	10-15	4
	2362M	50-64/74	1	—	—	2	—	5-10	10-15	4
106/77	2365M	14-39	1	—	3	3	—	5-10	5-10	4
	2366M	39-66	1	—	3	3	—	5-10	5-10	4
	2367M	66-95	1	—	3	3	—	5-10	5-10	4
130/77	2369M	0-22		1	—	3	—	10-15	5-10	4
	2370M	22-62		1	—	3	—	10-15	5-10	4
	2371M	52-78		1	—	3	—	10-15	5-10	4
	2372M	78-106		1	—	3	—	10-15	5-10	4
	2373M	105-135		—	1	—	3	—	10-15	5-10
121/77	2381M	0-24	1	—	3	—	—	10-15	5-10	4
	2382M	24-40	1	—	3	2/3	—	10-15	5-10	4
	2383M	40-63	1	—	3	2/3	—	10-15	5-10	4
	2384M	63-106		1	—	3	2/3	—	10-15	5-10
70/77	2404M	20-34/45	1	—	4	4	4	5-10	10-15	4
72/77	2411M	0-18	1	—	4	4	4	10-15	10-15	3/4
87/77	2413M	0-22	1	—	3/4	—	—	10-15	5-10	4
	2414M	22-57	1	—	3/4	—	—	10-15	5-10	4
	2415M	57-83	1	—	3/4	3/4	3/4	10-15	5-10	4
	2416M	83-100	1	—	3/4	3/4	—	10-15	5-10	4
136/77	2431M	10-23	1	—	—	3	—	10-15	5-10	4
	2432M	23-63	1	—	—	3	—	5-10	5-10	4
	2433M	63-80	1	—	—	3/4	—	5-10	5-10	4
102/77	2435M	15-30	1	—	—	—	—	10-15	10-16	3/4
	2436M	30-55	1	—	4	4	—	10-15	10-15	4
	2437M	55-90		1	—	—	—	5-10	10-15	4
	2438M	90-115		1	—	—	—	5-10	10-16	4
	2439M	115-147		—	1	—	—	5-10	10-16	4

1 -- > 50%

2 - 50-20%

3 - 20-5%

4 - < 5%

3.4. CONCLUSÕES

Os perfis deste agrupamento com mais baixas percentagens de alofanos distribuem-se, na sua grande maioria, pelas zonas onde se encontram os solos mais evoluídos da ilha, sobretudo na *Região Baixa do NW*, enquanto que os perfis que apresentam maiores quantidades daqueles produtos se localizam nas proximidades das formações vulcânicas mais recentes.

IV. CONCLUSÕES GERAIS

As argilas dos solos da ilha Graciosa, tendo em consideração os seus componentes fundamentais, distribuem-se pelos três tipos seguintes: argilas alofânicas, caulíníticas e montmoriloníticas. Do ponto de vista mineralógico podemos afirmar que, em relação às ilhas já estudadas, parece haver uma certa correlação com as argilas de S. Miguel, embora nesta ilha não se encontre a montmorilonite como mineral dominante.

O estabelecimento duma relação entre os diferentes tipos de argila e os factores pedogenéticos é particularmente difícil na ilha Graciosa, por um lado, pela existência de uma cobertura de materiais piroclásticos descontínua e de desigual espessura e, por outro, pela forte actividade antrópica que se observa em toda a ilha. A juntar a estas dificuldades há ainda a considerar a existência de um clima pouco diversificado e cuja caracterização, aliás, não parece suficientemente correcta devido ao facto dos dados climatológicos serem muito escassos. Apesar destas limitações faz-se em seguida uma caracterização genética dos minerais argilosos.

Montmorilonite — É um mineral que aparece sobretudo ligado aos materiais piroclásticos finos, nomeadamente os que cobrem os flancos do *Maciço da Caldeira*. A génese deste mineral nesta zona parece ligada à natureza do material originário, particularmente à existência de minerais ferromagnesianos que, ao alterarem-se num meio micro-confinado poderão evoluir directamente para montmorilonite.

Noutros casos, no entanto, a génese da montmorilonite estará ligada a condições de deficiente drenagem relacionadas com situações topográficas especiais, que proporcionarão um meio favorável à formação daquele mineral.

Caulinite — A distribuição deste mineral é muito menos limitada, pois encontra-se em solos derivados de todas as formações litológicas

e em todos os climas, muito embora se verifique a sua predominância nas zonas mais evoluídas da ilha, nomeadamente na *Região Baixa do NW*.

A predominância de caulinite nesta zona estará relacionada com um clima menos seco que favorecerá a evolução das alofanas, mais rapidamente, para fases cristalinas. Esta hipótese está de acordo com as fracas quantidades de materiais amorfos que se observam nas argilas.

Haloisite — Encontra-se nalguns perfis conjuntamente com a caulinite, substituindo em parte este mineral nos horizontes mais profundos. A presença de haloisite parece estar fundamentalmente ligada a um aumento de humidade em profundidade, que impede que este mineral se desidrate e se transforme num mineral do tipo da caulinite.

Minerais micáceos — Os minerais com estas características observados nalguns perfis deverão, na sua grande maioria, ser herdados do material originário.

Minerais a 14 Å não expansíveis — Em grande parte, os minerais abrangidos por esta designação mostram propriedades de clorites ou vermiculites, provavelmente herdados directamente ou transformados das rochas donde derivaram os solos.

Gibbsite — Mineral raro nos solos da ilha Graciosa, embora se observe a sua presença nalguns perfis da zona mais húmida. A sua génese deve estar condicionada por condições de melhor drenagem e de maior pluviosidade. É no entanto de admitir que possa também haver, em solos onde os materiais amorfos são fundamentalmente de natureza aluminosa, a passagem directa destes materiais para gibbsite.

Alofanas — Encontram-se mais ou menos bem representadas em todos os solos, com exclusão, possivelmente, daqueles em que a montmorilonite é o mineral dominante. A sua maior representação observa-se nos perfis situados em zonas afectadas por actividade vulcânica recente.

Dos factores que favorecem a presença de substâncias amorfas (rochas vulcânicas ricas em vidro, teores elevados em matéria orgânica e um clima regularmente húmido), os dois primeiros parecem ser aqueles que mais influência poderão ter no caso da Graciosa.

Materiais ferruginosos — Estes materiais, que estão geralmente bem representados em todas as amostras, encontram-se fundamentalmente no estado amorfo. O seu grau de amorfismo é mais elevado nas amostras com maior quantidade de alofanas. Nas outras, embora a percentagem de ferro amorfo ainda seja elevada, é de admitir, tendo em conta os resultados obtidos pelo método de Segalen, a existência

de formas de ferro criptocristalinas que não puderam ser detectadas pelas técnicas de raios X e ATD.

BIBLIOGRAFIA

- BRUM FERREIRA, A. (1968) — A ilha Graciosa. Centro de Estudos Geográficos (Instituto de Alta Cultura), 290 pp. Lisboa.
- FURTADO, A. F. A. SANCHES (1975) — Os minerais argilosos dos solos da ilha de S. Miguel (Açores). *An. Inst. Sup. Agron.*, XXXV: 41-76. Lisboa.
- FURTADO, A. F. A. SANCHES (1978-1979) — Os minerais argilosos dos solos da ilha de Santa Maria (Açores). Alguns aspectos relacionados com a sua génese. *An. Inst. Sup. Agron.*, XXXVIII: 39-61. Lisboa.
- FURTADO, A. F. A. SANCHES E BARRAL, M. F. (1976) — A utilização do método de Segalen na caracterização dos materiais amorfos de solos ocorrendo em climas temperados e tropicais. *An. Inst. Sup. Agron.*, XXXVI: 25-48. Lisboa.
- QUANTIN, P., FERNANDEZ CALDAS, E. E TEJEDOR SALGUERO, M. L. (1978) — Sequence climatique des sols récents de la région septentrionale de Ténérife (Iles Canaries). 2^e partie: Caractéristiques minéralogiques. Interprétation et classification. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, XVI, 4: 397-412. Paris.
- ZBYSZEWSKI, G.; MEDEIROS, A. CANDIDO; VEIGA FERREIRA, O E TORRE DE ASSUNÇÃO, C. (1972) — *Carta Geológica de Portugal (Esc. 1/50 000) — Notícia explicativa da Folha da Ilha Graciosa (Açores)*. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.