

**V Congresso Ibérico da Ciência do Solo**  
**V Congreso Ibérico de la Ciencia del Suelo**  
**(CICS 2012)**

**Excursão técnico-científica (08/09/2012)**  
*Os Andossolos da ilha Terceira e paisagens associadas*

**Organização**



## **Agradecimentos**

Para a preparação da excursão técnico-científica na ilha Terceira - Os Andossolos da ilha

Terceira e paisagens associadas – a comissão organizadora do CICS2012 contou com a colaboração de vários colegas aos quais deseja expressar o seu agradecimento pela valiosa colaboração e disponibilização de informação científica de sua autoria:

- Prof. João Carlos Nunes (Dep. de Geociências da Universidade dos Açores)
- Prof. Eduardo Brito de Azevedo (Dep. de Ciências Agrárias da Universidade dos Açores)

## Índice

Organização .....	1
Agradecimentos .....	2
Índice .....	3
Programa e itinerário .....	4
Perfil CICS 2012-1 .....	6
Perfil CICS 2012-2 .....	7
Perfil CICS 2012-3 .....	8
O clima dos Açores .....	9
Notas sobre a geologia da Ilha Terceira (Açores) .....	14
Introdução .....	14
Geologia e vulcanologia .....	14
Sismotectónica .....	18
Nota Final .....	19
Referências .....	20
Lista de Fotografias .....	20
Fotografias .....	22
Caracterização geral dos solos da ilha Terceira (Açores) que se enquadram na Ordem <i>Andisol</i> .....	26
Introdução .....	26
Métodos e materiais .....	26
Condições ambientais .....	27
Resultados .....	29
Discussão .....	36
Referências bibliográficas .....	40

## Programa e itinerário

### Autocarro 1

#### Circuito 1

- 08:30 Partida da Universidade
- 09:00 Serra do Cume: Perfil CICS2012 - 1
- 10:30 Praia da Vitória
- 11:30 Porto Martins e costa Sul
- 13:00 Almoço

#### Circuito 2

- 14:30 Partida
- 15:00 Cabrito: Perfil CICS2012 – Perfil 2
- 16:00 Algar do Carvão e Furnas do Enxofre
- 17:00 Pico da Bagacina: Perfil CICS2012 - 3
- 18:00 Biscoitos
- 19:00 Angra do Heroísmo

### Autocarro 2

#### Circuito 1

- 08:30 Partida da Universidade
- 09:00 Cabrito: Perfil CICS2012 – 2
- 10:00 Algar do Carvão e Furnas do Enxofre
- 11:00 Pico da Bagacina: Perfil CICS2012 – 3
- 12:00 Biscoitos
- 13:00 Angra do Heroísmo

#### Circuito 2

- 14:30 Partida
- 15:00 Serra do Cume: Perfil CICS2012 - 1
- 16:30 Praia da Vitória
- 17:30 Porto Martins e costa Sul
- 19:00 Angra do Heroísmo



## Perfil CICS 2012-1



**Localização: Serra do Cume**  
**Classificação (Soil Taxonomy): *Typic Andisol***

Horiz.	Profund. cm	Massa volúmica g cm-3	1,5 MPa kg kg-1	C g kg-1	pH			Bases de troca .....cmol(+) kg-1.....				Al Ext. (KCl)	P ret. (%)	.....g kg-1.....									
					H2O	KCl	NaF	Ca	Mg	Na	K			Alo	Feo	Sio	Alp	Fep	Alp/Alo	Fep/Feo	Al/Sio	Alofana	
Ah	0-13	0,76	0,27	80	4,9	4,4	10,1	2,3	0,9	0,6	0,4	0,1	4,3	90	14	18	2	10	13	0,70	0,56	2,0	16
AB	13-34	0,43	0,42	26	6,2	5,9	11,3	0,7	0,2	0,5	0,2	0,3	1,9	90	34	30	15	6	3	0,18	0,10	1,9	103
Bw	34-48	0,55	0,45	23	6,6	5,9	10,9	1,5	1,1	0,6	0,3	0,0	3,5	98	54	48	28	4	1	0,07	0,02	1,8	187
BC	48-57	0,69	0,58	6	6,6	5,9	10,7	1,6	1,2	0,7	0,3	0,0	3,8	92	34	27	13	5	3	0,14	0,11	2,3	108
2Bw	57-150	0,49	0,46	39	6,6	5,6	11,0	2,2	1,5	0,2	0,2	0,0	4,1	95	50	39	22	7	6	0,14	0,15	2,0	126

## Perfil CICS 2012-2



**Localização: Cabrito**  
**Classificação (Soil Taxonomy): *Vitric Andisol***

Horiz.	Profund. cm	Massa volúmica g cm-3	1,5 MPa kg kg-1	C g kg-1	pH			Bases de troca				Al Ext. (KCl)	P ret. (%)	CTCE	Alo	Feo	Sio	Alp	Fep	Alp/Alo	Fep/Feo	Al/Sio	Alofana g kg-1
					H2O	KCl	NaF	Ca	Mg	Na	K												
A	0-17	0,67	0,29	56	5,1	4,6	9,9	3,7	1,5	1,2	0,3	0,1	6,8	65	11	12	5	6	6	0,54	0,50	1,0	26
BC	17-33	0,74	0,23	19	5,5	5,0	10,7	1,2	0,3	0,8	0,1	0,0	2,4	81	16	9	7	5	3	0,30	0,30	1,6	44
C	33-110	0,79	0,12	12	6,3	5,4	10,3	1,5	1,2	0,8	0,4	0,0	3,9	59	13	10	6	1	1	0,07	0,10	2,0	43

## Perfil CICS 2012-3



Localização: Pico da Bagacina

Classificação (Soil Taxonomy): *Andic Hemic Sphagnofibrist*

Horiz.	Profund. cm	Massa volúmica g cm-3	0,33 MPa % Vol	C g kg-1	pH			Bases de troca .....cmol(+) kg-1.....				Al Ext. (KCl)	CTCE	P ret. (%)	.....g kg-1.....						Alofana g kg-1			
					H2O	KCl	NaF	Ca	Mg	Na	K				Alo	Feo	Sio	Alp	Fep	Alp/Alo		Fep/Feo	Al/Sio	
Oi	0-30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Oe	31-60	0,16	91	-	4,5	-	6,6	4,7	2,7	-	0,1	1,2	8,6	3,5	1	1	0,0	1	1	-	-	-	-	0,0
Oa	61-75	0,11	94	-	5,1	-	7,9	4,5	2,5	-	0,1	3,8	10,9	69	15	3,2	1,4	14	2,4	0,9	0,8	-	-	0,0
BCsm	76-103	0,66	63	190	5,5	-	10,9	1,9	1,4	-	0,0	1,3	4,5	92	17	11	4,6	5,9	3,2	0,35	0,29	2,1	38	
C	104-180	-	-	41	6,7	-	10,4	1,0	1,0	-	0,1	0,0	2,1	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## O clima dos Açores

Eduardo M. V. Azevedo

O clima do Arquipélago dos Açores é essencialmente ditado pela localização geográfica das ilhas no contexto da circulação global atmosférica e oceânica e pela influência da massa aquática da qual emergem. De acordo com a classificação de Köppen o clima das zonas litorais dos Açores está abrangido pela categoria dos climas *temperados quentes* (grupo C). A distribuição espacial das ilhas conduz, no entanto, a que o seu clima possa ser classificado (de Leste para Oeste) de transição entre os subgrupos *Cs* e *Cf*, respectivamente, transitando de *clima chuvoso temperado com verão seco* a *clima chuvoso temperado, húmido em todas as estações*.

O clima das ilhas apresenta uma sazonalidade medianamente marcada que se reflecte nos diferentes elementos do clima. As quatro estações do ano, típicas dos climas temperados, são reconhecíveis. Os invernos, podendo ser chuvosos, não se manifestam excessivamente rigorosos. A ocorrência de neve, sendo esporádica, só ocorre nas zonas altas. A precipitação ocorre durante todo o ano, mesmo nos meses de estio, embora nestes com muito menor expressão. Os verões são amenos e significativamente mais ensolarados do que o resto do ano. São inexistentes, no entanto, os dias de céu completamente limpo. Os períodos tempestuosos, sendo mais frequentes de inverno podem, no entanto, ocorrer em fins de verão e no outono por efeito de esporádicas tempestades tropicais em evolução próximo do arquipélago.

Assimetrias significativas no interior de cada ilha estão relacionadas com a forma e a orientação do relevo, com a estrutura geológica superficial, com a vegetação, bem como, em alguns casos, com a influência recíproca de ilhas vizinhas. Os grandes estratocônes vulcânicos, as caldeiras mais ou menos desmanteladas associadas a estes aparelhos, as lagoas, o alinhamento das formações e das zonas de fractura, o alinhamento dos vales e corredores de ventilação resultantes do encaixe dos diferentes aparelhos, a altitude e orientação das falésias, os aspectos geológicas e da vegetação (aspectos bastante correlacionados, sendo de salientar, neste contexto, a importância das escoadas lávicas pouco evoluídas designadas localmente por "mistérios" e "biscoitos"), são importantes factores de diferenciação climática à escala local no interior de cada ilha.

TEMPERATURA: de uma forma muito geral o clima junto ao litoral das ilhas pode ser caracterizado pela sua amenidade térmica, com uma temperatura média anual de 17,0 °C, a variar entre os valores mínimos observados em Fevereiro (14,5°C) e máximos em Agosto (22,0°C). Em altitude, a temperatura decresce de forma regular, à razão de 0,9°C por cada 100 metros até ser atingida a temperatura do ponto de orvalho a uma altitude que se situa, em média, próxima dos 400 metros. A partir daí, dada a cedência de energia à atmosfera pelo processo de condensação, a temperatura decresce de uma forma

menos brusca, à razão média de 0,6°C por cada 100 metros. A amplitude média anual da variação diurna é baixa, próxima dos 5°C, tendo tendência a ser superior na costa norte das ilhas. Por seu lado, a temperatura da água do mar, mais elevada do que a observada nas regiões costeiras do continente Europeu à mesma latitude, varia de forma regular ao longo do ano oscilando, em média, entre os 15°C de Fevereiro/Março e os 23°C de Agosto/Setembro.

**HUMIDADE:** a humidade relativa do ar dos Açores caracteriza-se por ser elevada ao longo de todo o ano, apresentando valores médios mensais próximos dos 80%. São raros os dias em que se observam valores abaixo dos 50% (3 a 4 dias por ano junto ao litoral). São mais de 60 os dias do ano em que a humidade relativa atinge, no litoral, valores superiores a 90%. Os valores da humidade relativa variam ao longo do dia acompanhando de forma inversa a evolução diária da temperatura do ar. De manhã a humidade relativa do ar situa-se, em média, próximo dos 80%, decresce ligeiramente até aos 77% por meados da tarde subindo para os 87% durante a noite. Em altitude a humidade relativa do ar tende a aumentar, acompanhando de forma inversa a evolução negativa da temperatura, enquanto que, ao mesmo tempo, a humidade absoluta diminui. No interior das ilhas, sensivelmente a partir dos 400 metros de altitude, é atingindo com frequência a saturação.

**PRECIPITAÇÃO:** os Açores encontram-se localizados numa zona do Atlântico a que corresponde uma precipitação média anual ao nível do mar que varia entre os dos 700 e os 900 mm. No entanto, o impulso orográfico a que o ar se vê obrigado à proximidade das ilhas conduz a que junto ao litoral a precipitação anual já seja superior a este valor. A precipitação observada ao nível do mar cresce de Leste para Oeste, variando entre os 775 mm observados na ilha de Sta. Maria até aos 1700 mm observados na ilha das Flores. Em altitude, a precipitação de origem frontal é significativamente reforçada pela precipitação de origem orográfica podendo ultrapassar os 4000 mm na parte mais alta das ilhas. A estes valores juntam-se quantidades significativas de água interceptada pela vegetação num processo designado por precipitação horizontal. Os meses de Setembro a Março concentram 75% do total da precipitação anual. A este período do ano correspondem dois terços dos dias em que se observa precipitação. Sendo por norma abundante a precipitação no arquipélago dos Açores caracteriza-se por alguma irregularidade inter-anual cuja amplitude pode atingir os 1000mm.

**RADIAÇÃO SOLAR:** nos Açores, as taxas de insolação são pouco elevadas observando-se aproximadamente 1600 horas de sol descoberto por ano. A quantidade de energia proveniente da radiação solar calculada para uma superfície horizontal no topo da atmosfera à latitude média dos Açores (38° N) é da ordem dos 42 MJ por m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> por altura do solstício de verão, decrescendo para 15 MJ por m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> por altura do solstício de inverno. No entanto, dadas as circunstâncias de atenuação da radiação ao longo do seu trajeto pela atmosfera, nomeadamente, devido à nebulosidade típica destes territórios, estes valores são significativamente diferentes dos observados à superfície das ilhas. Por altura do verão aqueles valores ficam reduzidos, em média, a 20 MJ por m<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup> enquanto que no inverno não ultrapassam os 6 MJ por metro quadrado e por dia.

VENTO: o vento é uma constante do clima açoriano. Ao longo ano o vento sopra de forma regular, mais moderado nos meses de verão, e de forma mais intensa nos meses de inverno, acompanhando o evoluir dos padrões de circulação atmosférica à escala da bacia do Atlântico Norte. Em todo o ano predominam os ventos do quadrante Oeste. Verifica-se, no entanto, um incremento dessa predominância das ilhas do grupo oriental para as do grupo ocidental. O regime médio dos ventos junto ao litoral é, em larga medida, “viciado” pela topografia. A sua velocidade média anual é da ordem dos  $17 \text{ Km h}^{-1}$ . Nos meses de Inverno a velocidade média aproxima-se dos  $20 \text{ Km h}^{-1}$ , enquanto que, nos meses de verão, o seu valor decresce para valores próximos dos  $10 \text{ Km h}^{-1}$ . Soprando em rajadas é raro o ano em que estas não atinjam velocidades próximas dos  $100 \text{ Km h}^{-1}$ .



# Universidade dos Açores

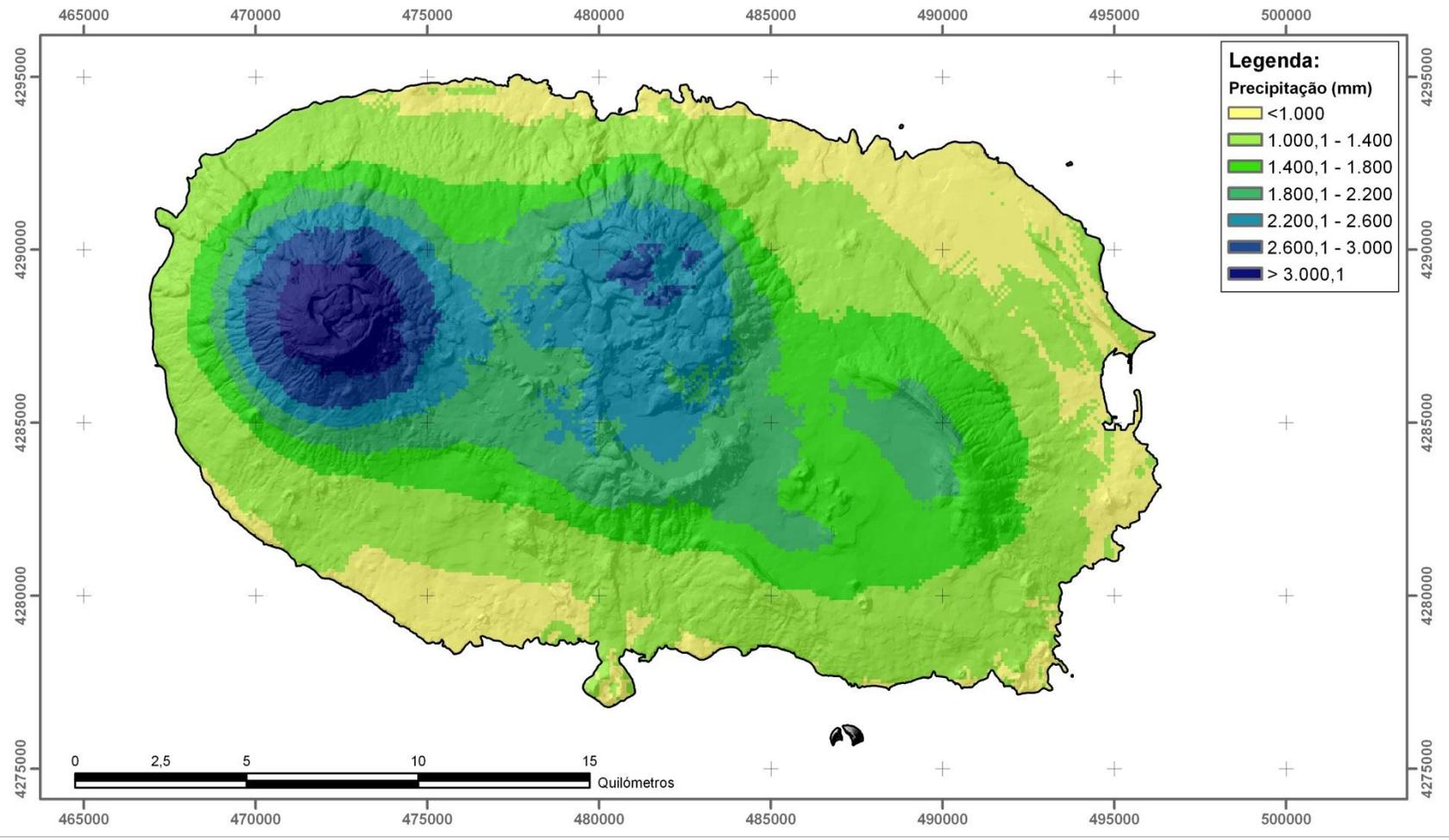
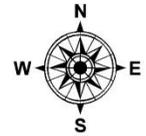
## Ilha Terceira

### Precipitação acumulada (mm)

#### Modelo CIELO

Fonte:  
Modelo CIELO (1996)  
Eduardo M. V. Brito de Azevedo  
Edição: CLIMAAT 2005  
Projeção UTM - Fuso 25  
Base Cartográfica 1/25000 do Instituto Geográfico do Exército

Projectos CLIMAAT e CLIMAAT\_II  
MAC / 2.3 / A3 e 03 / MAC / 2.3 / A5





# Universidade dos Açores

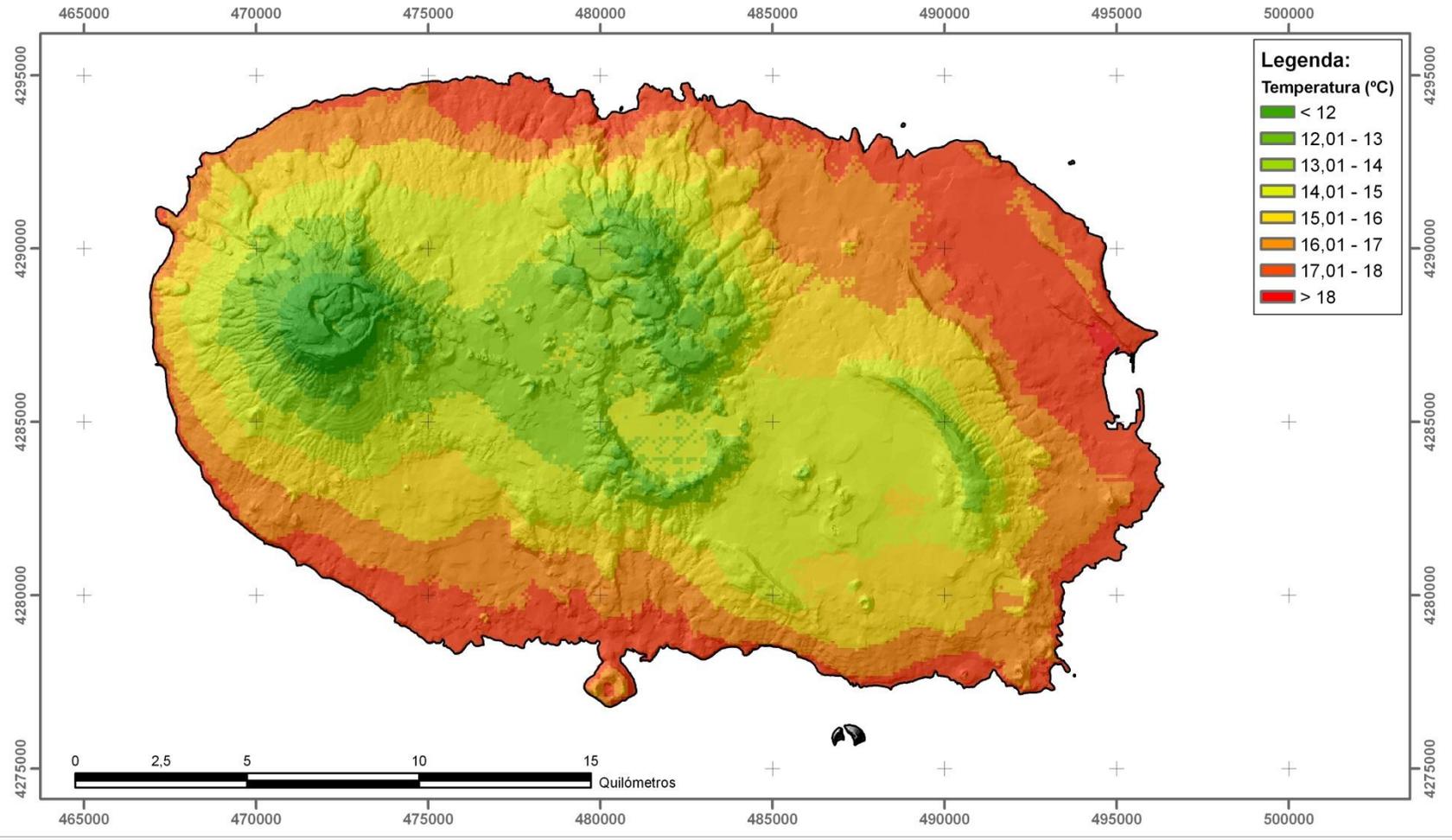
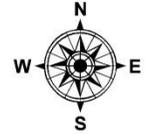
## Ilha Terceira

### Temperatura média anual (°C)

#### Modelo CIELO

Fonte:  
Modelo CIELO (1996)  
Eduardo M. V. Brito de Azevedo  
Edição: CLIMAAT 2005  
Projeção UTM - Fuso 25  
Base Cartográfica 1/25000 do Instituto Geográfico do Exército

Projectos CLIMAAT e CLIMAAT\_II  
MAC / 2.3 / A3 e 03 / MAC / 2.3 / A5



## Notas sobre a geologia da Ilha Terceira (Açores)

João Carlos Nunes

Universidade dos Açores – Departamento de Geociências. Rua da Mãe de Deus. Apartado 1422. 9501-801 Ponta Delgada Codex. [jcnunes@notes.uac.pt](mailto:jcnunes@notes.uac.pt)

### Introdução

Com um alongamento geral segundo W-E, a Ilha Terceira ocupa uma área de cerca de 402 km<sup>2</sup>, atingindo o seu ponto mais elevado na Serra de Santa Bárbara, à cota de 1021m.

A Ilha Terceira está implantada no designado Rifte (ou Crista) da Terceira, uma estrutura tectónica do tipo transformante *leaky*, com cerca de 600 km de extensão segundo uma direcção geral WNW-ESSE. Segundo diversos autores, esta estrutura estabelece a fronteira entre as placas litosféricas Euroasiática e Africana na região dos Açores (*e.g.* Searle, 1980).

### Geologia e vulcanologia

Na sua maioria, os produtos vulcânicos existentes na Ilha Terceira apresentam uma idade quaternária e os materiais emitidos incluem ignimbritos, depósitos pomínicos de queda, escoadas lávicas ácidas, escórias, *spatters* e escoadas lávicas basálticas *s.l.* e, ainda, tufos surtseianos (Self, 1982).

Do ponto de vista geoquímico, as lavas da Ilha Terceira apresentam uma composição muito variável, desde basaltos alcalinos porfíricos (com fenocristais de olivina e augite), até traquitos comendíticos e panteleritos, incluindo igualmente hawaítos, mugaritos e benmoreitos, sendo sobretudo de destacar o importante volume de materiais (efusivos e explosivos) de natureza siliciosa presentes na ilha. Com efeito, existem em toda a ilha cerca de centena e meia de domas (ou domos – Nunes, 1998) e outros centros eruptivos de natureza traquítica *s.l.*, incluindo aqueles responsáveis pela emissão de espessas escoadas lávicas (“*coulees*”, *e.g.* Fink e Anderson, 2000), as quais estão igualmente associadas a erupções de magmas viscosos. Por outro lado, foram identificados cerca de 100 centros eruptivos de natureza basáltica, incluindo-se aqui cones de escórias, cones de *spatter*, cones de tufos e fissuras eruptivas. A título de comparação, refira-se por exemplo que na vizinha Ilha de São Jorge, os centros eruptivos (cerca de duas centenas) são na sua quase totalidade de natureza basáltica *s.l.*

De entre todos os produtos vulcânicos existentes na ilha, aos hawaítos e aos comenditos correspondem os maiores volumes emitidos durante a história eruptiva recente da Ilha Terceira. Estudos quantitativos efectuados por Self (1982) sugerem que as 116 erupções

vulcânicas que ocorreram nos últimos 23 000 anos terão sido responsáveis pela emissão de 5,46 km<sup>3</sup> de material, dos quais mais de 4 km<sup>3</sup> correspondem a lavas de composição comendítica a pantelerítica. Aos valores anteriormente indicados corresponde, assim, uma produtividade vulcânica média de 0,024 km<sup>3</sup>/século, no período indicado.

Do ponto de vista morfo-vulcânico podem identificar-se na Ilha Terceira quatro vulcões centrais poligenéticos com caldeira e uma zona de vulcanismo fissural de natureza basáltica, que conferem a esta ilha um alongamento geral W-E (Figura 1). Aqueles edifícios vulcânicos são, de Leste para Oeste:

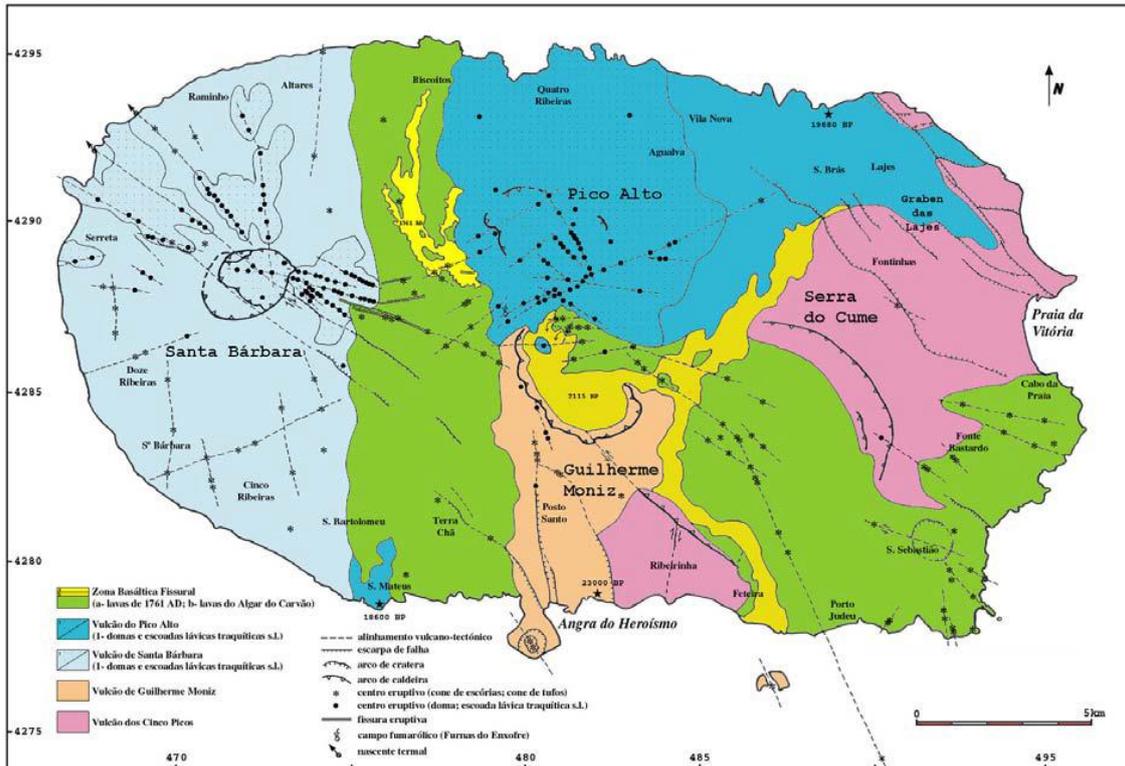


Figura 1 – Esboço Vulcano-tectónico da Ilha Terceira (Nunes, 2000).

• **O Vulcão dos Cinco Picos**, o mais antigo e de morfologia suavizada, que abrange uma parte significativa da região oriental da Ilha Terceira e que apresenta uma caldeira de subsidência com cerca de 7 km de diâmetro, muito erodida e actualmente delimitada pela Serra do Cume, a NE, e a Serra da Ribeirinha, a SW. As lavas emitidas apresentam uma composição mugearítica predominante (Self, 1982), embora estejam igualmente presentes rochas mais evoluídas. A formação da Caldeira dos Cinco Picos terá sido acompanhada por um importante explosividade, com a emissão de pedra pomes de queda e de ignimbritos (Self, 1982), produtos estes que foram extensivamente cobertos (sobretudo no interior da caldeira) por escoadas lávicas mais recentes emitidas, nomeadamente, da Zona Basáltica Fissural (ver Figura 1).

De acordo com Feraud *et al.* (1980), a Caldeira dos Cinco Picos/Serra do Cume (a maior do arquipélago – Foto 1), ter-se-á formado há menos de 300 000 anos, na medida em que lavas hawaíticas amostradas próximo do topo da Serra do Cume forneceram uma idade K/Ar de  $0,3 \pm 0,1$  MA (milhões de anos). Considerado presentemente como extinto, o Vulcão dos Cinco Picos terá iniciado a sua actividade há alguns milhões de anos,

como sugerem as datações de 3,52 MA e 1,22 MA obtidas por Ferreira e Azevedo (1995) a Norte do Pico do Refugio (Porto Judeu) e na região de Caparica (a Norte das Lajes), respectivamente.

Trabalhos recentes de cartografia efectuados na ilha Terceira (Nunes, 2000), confirmaram a presença, no extremo SE da Ilha Terceira, de escoadas lávicas com elevados índices de alteração, evidenciando, nomeadamente, uma acentuada disjunção esferoidal e a presença de veios de sílica em fendas associadas à disjunção prismática da escoada. Estas características estão presentes sobretudo em formações geológicas açorianas antigas, isto é, com alguns milhões de anos de idade, como acontece, designadamente, na Ilha de Santa Maria, na região do Nordeste (Ilha de São Miguel) e na Ilha das Flores (Nunes, 1998). Parece, assim, que as formações mais antigas da Ilha Terceira terão uma idade superior à datação de 0,75 MA obtida por White *et al.* (1976) em comenditos da Ilha Terceira e à idade de 2 MA apontada por Forjaz (com. pess.).

• **O Vulcão de Guilherme Moniz**, actualmente circunscrito a uma estreita faixa na região centro-meridional da Ilha Terceira, nas proximidades de Angra do Heroísmo (Figura 1). Este cone poligenético é encimado por uma caldeira de subsidência, alongada segundo uma direcção geral NW-SE e com dimensões de 4 x 2,5 km, cujo bordo Norte foi totalmente coberto por domas e por escoadas lávicas traquíticas *s.l.* (incluindo *coulees*) associadas ao Vulcão do Pico Alto. A parede Sul daquela caldeira está melhor expressa na Serra do Morião (Foto 2), a qual é constituída por um conjunto de espessas escoadas lávicas (*coulees*) e de domas, de traquitos comendíticos (Self, 1982), com morfologia complexa e profundamente degradados, que evidenciam uma idade claramente mais antiga, comparativamente a idênticas estruturas que caracterizam o Vulcão do Pico Alto. Ao longo do litoral Sul, afloram lavas hawaíticas atribuídas por Self (1982) ao Vulcão de Guilherme Moniz.

Uma datação efectuada por Ferreira e Azevedo (1995) em lavas implantadas a Norte de Angra do Heroísmo, forneceu uma idade de 0,41 MA, idade compatível com o enquadramento morfo-vulcânico indicado na Figura 1. Apesar da sua morfologia profundamente erosionada, foi possível identificar cerca de uma dezena de domas no Vulcão de Guilherme Moniz e um número sensivelmente idêntico de centros eruptivos basálticos, incluindo-se aqui os cones de tufos do Monte Brasil e do Ilhéu das Cabras, resultantes de erupções freatomagmáticas do tipo surtseiano. O “ignimbrito de Angra” (Self, 1982), de natureza comendítica e que aflora na zona de Angra do Heroísmo – Castelinho, apresenta uma idade <sup>14</sup>C de cerca de 23 000 anos BP e estará genericamente associado a uma actividade explosiva do tipo pliniano, centrada no Vulcão de Guilherme Moniz.

• **O Vulcão do Pico Alto**, domina toda a área centro-setentrional da Ilha Terceira, desde a região de Biscoitos – Quatro Ribeiras, até à freguesia de Lajes (Figura 1). Este vulcão é formado essencialmente por lavas muito evoluídas (de composição pantelerítica), sob a forma de numerosos domas, *coulees* e depósitos piroclásticos de queda e de fluxo. À superfície deste vulcão poligenético, contabilizaram-se cerca de 60 domas (Figura 1), definindo preferencialmente alinhamentos de orientação geral NW-SE e ENE-WSW (Foto 3). De acordo com Self (1982), o Vulcão do Pico Alto terá sido responsável pela

emissão do “ignimbrito das Lajes”, o qual inclui três depósitos ignimbríticos de composição traquítica-comendítica, cujas datações <sup>14</sup>C forneceram idades de 19 600 e de 18 600 anos BP, na região de Lajes e em São Mateus, respectivamente.

Os bordos de uma caldeira de subsidência existente no topo deste vulcão estão actualmente melhor preservados na região do Juncal e da Serra do Labaçal (Figura 1), tendo sido totalmente obliterados nas restantes zonas por domas e *coulees* recentes. Estes domas e escoadas, que apresentam uma idade inferior a 19 000 anos na medida em que recobrem o “ignimbrito das Lajes”, constituem uma fracção importante dos materiais que afloram em toda esta área da Ilha Terceira. Embora não se conheçam idades absolutas para as suas formações mais antigas, Self (1982) estima uma idade máxima de 100 000 anos para o Vulcão do Pico Alto e aponta uma idade de aproximadamente 1000 anos BP para as lavas mais recentes deste aparelho vulcânico.

• **O Vulcão de Santa Bárbara**, que domina o sector ocidental da Ilha Terceira e cujo substrato, basáltico, é composto maioritariamente por mugearitos e hawaítos (porfíricos, com plagioclase, a afíricos), cobertos por hawaítos olivínicos. Tais derrames lávicos foram emitidos na sua totalidade antes da ocorrência de importantes colapsos que afectaram o topo deste vulcão e que levaram à formação, há cerca de 25 000 anos BP (Self, 1982), de uma caldeira alongada segundo W-E e com dimensões aproximadas de 2,5 x 2 km (Figura 1). Posteriormente, lavas comendíticas incluindo domas, *coulees* (designadamente de obsidiana) e depósitos piroclásticos, foram emitidos quer nos flancos Oeste, Norte e Leste do Vulcão de Santa Bárbara, quer no interior de uma segunda caldeira de subsidência, de contorno irregular e diâmetro inferior a 2 km (Figura 1 e Foto 4), que está encaixada na depressão primitiva e que se terá formado há cerca de 18 000 anos (Lloyd e Collis, 1981).

As idades anteriormente sugeridas para a formação das caldeiras do Vulcão de Santa Bárbara são compatíveis com uma idade inferior a 29 000 anos BP determinada por Feraud *et al.* (1980) em benmoreítos que afloram na parede NE destas depressões. Por seu turno, Ferreira e Azevedo (1995) apresentam idades de 0,51 MA, 1,15 MA e 1,24 MA para formações geológicas na região da Ponta do Raminho, as quais deverão datar o substrato basáltico do Vulcão de Santa Bárbara, mais antigo e que pode ser observado, nomeadamente, nas falésias da região ocidental da Ilha Terceira, sob a forma de escoadas lávicas basálticas *s.l.* compostas, com várias dezenas de metros de espessura. Pelo contrário, a idade de 3,24 MA indicada por Ferreira e Azevedo (1995) na área de São Mateus não parece compatível com a vulcanoestratigrafia geral da Ilha Terceira atrás descrita.

Como resulta do enunciado anteriormente, os centros eruptivos mais antigos do Vulcão de Santa Bárbara são constituídos sobretudo por cones de escórias e de *spatter*, os quais estão dispersos pelas encostas deste aparelho vulcânico (Figura 1), frequentemente segundo um padrão radial. Identificou-se um total de 26 centros eruptivos deste tipo, associados a erupções de magmas basálticos *s.l.*, sobretudo do tipo estromboliano. Pelo contrário, nas últimas duas dezenas de milhar de anos ocorreu maioritariamente uma extrusão de lavas evoluídas, siliciosas, quer nos flancos do edifício vulcânico quer no

interior das caldeiras, extrusão essa materializada num total de 85 domas e bocas emisoras associadas a *coulees*.

• **A Zona Basáltica Fissural**, definida por um conjunto de cerca de 70 vulcões monogenéticos (na sua maioria cones de escórias) e escoadas lávicas associadas, edificados na sequência de erupções de baixa a moderada explosividade, sobretudo do tipo hawaiano e estromboliano (Foto 5). Estes cones estão localizados quer na região central na Ilha Terceira, quer no seu extremo SE, incluindo no interior da Caldeira dos Cinco Picos. O extremo NW desta zona basáltica (na região do Pico do Gaspar – Pico da Bagaçina) caracteriza-se por uma importante actividade vulcânica ocorrida nos últimos 50 000 anos (Self, 1982), incluindo nos tempos históricos (*e.g.* Mistério dos Biscoitos, de 1761 A.D. – Figura 1).

Em termos gerais, a actividade vulcânica basáltica mais recente concentrou-se sobretudo no sector NW desta zona fissural, enquanto que os respectivos sectores central e SE evidenciam, genericamente, formações mais antigas. Apesar disso, nos últimos milhares ou dezenas de milhar de anos ocorreram igualmente erupções vulcânicas de magmas básicos naqueles sectores, designadamente aquelas responsáveis pela génese do Algar do Carvão (ocorrida há  $2115 \pm 115$  anos BP, Zbyszewski *et al.*, 1971) ou do cone da Fonte do Bastardo (com uma idade aproximada de 2000 – 3000 anos BP).

## Sismotectónica

Diversos acidentes tectónicos activos atravessam a Ilha Terceira, com um claro predomínio para aqueles de orientação geral NNW-SSE e WNW-ESSE (Forjaz, 1980; Forjaz *et al.*, 1990; Madeira, 1999 e Nunes, 2000). Os acidentes de orientação geral NNW-SSE estão melhor expressos no sector NE da ilha, onde constituem o *Graben* das Lajes. Esta estrutura tem uma clara expressão morfológica, segundo escarpas de falha bem desenvolvidas (Figura 1), como é o caso da Falha de Santiago (Foto 6). De acordo com Feraud *et al.* (1980) esta estrutura distensiva ter-se-á formado há menos de 300 000 anos, na medida em que hawaítos amostrados no topo da escarpa de falha de Santiago forneceram idades de  $0,28 \pm 0,07$  MA e  $0,3 \pm 0,06$  MA. Por outro lado, e como se deduz da figura 1, a movimentação das escoadas piroclásticas associadas ao “ignimbrito das Lajes” terá sido condicionada pela presença das escarpas de falha do *Graben* das Lajes, designadamente na área presentemente ocupada pelo aeroporto das Lajes (Figura 1), pondo, assim, em evidência que há cerca de 20 000 anos BP tais escarpas possuíam já uma clara expressão morfológica.

As fracturas WNW-ESE materializam-se sobretudo por alinhamentos de centros eruptivos (*e.g.* cones de escórias, domas e *coulees*), sendo mais frequentes acidentes com esta orientação na zona central e ocidental da ilha Terceira, associados a um vulcanismo recente. Para além destas orientações, são igualmente comuns acidentes de orientação geral próxima de N-S, nomeadamente na área de Angra do Heroísmo (como é o caso da Falha do Espigão e da Falha da Memória) e no flanco SW do Vulcão de Santa Bárbara. Nas vertentes dos vulcões poligenéticos dos Cinco Picos, Guilherme Moniz, Pico Alto e Santa Bárbara estão igualmente presentes diversos alinhamentos de domas e/ou cones de escórias, que constituem frequentemente fracturas radiais a esses edifícios vulcânicos.

A ilha Terceira é caracterizada por uma importante actividade sísmica, como comprovam os dados compilados de acervos históricos e a sua sismicidade instrumental, actividade essa condicionada pelo seu enquadramento geotectónico, no alinhamento definido pelo Rifte da Terceira (Nunes, 1991). Diversos estudos realizados até à data indicam que os abalos mais energéticos são sentidos com maior intensidade sobretudo na metade oriental da ilha Terceira, incluindo-se aqui os abalos (ou crises sísmicas) de Junho de 1800 (Praia da Vitória), Janeiro de 1801 (São Sebastião), Novembro de 1912 (Praia da Vitoria) e de Dezembro de 1950 (Aqualva). Contudo, foram os abalos de Maio de 1614 e de Junho de 1841 (com epicentro da zona da Praia da Vitória) e o sismo de 1 de Janeiro de 1980, os sismos mais destrutivos que ocorreram na ilha Terceira.

Às 15:15 horas do dia 24 de Maio de 1614, a parte Leste da Ilha Terceira foi fortemente sacudida por um sismo que terá atingido o grau IX na Escala de Mercalli Modificada (IMM) na Praia da Vitória, causando muitas destruições nessa vila e nas freguesias de Fontinhas, Lajes, Vila Nova e Aqualva, bem como a morte a mais de 200 pessoas (Drummond, 1859). Cerca de 1600 fogos (num total de 1800) e cerca de 30 igrejas e outros templos terão sido destruídos.

Em 15 de Junho de 1841 um terramoto (IMM=IX) destruiu completamente a Vila da Praia e causou danos consideráveis nas povoações de São Sebastião, Fonte do Bastardo, Cabo da Praia, Fontainhas, Lajes, Vila Nova e Aqualva, embora não tenha provocado vítimas entre a população (Junior *et al.*, 1983). A razão para tal parece estar no facto daquele terramoto ter sido precedido de diversos outros abalos que atemorizaram as populações, levando-as a abandonar as suas casas antes da ocorrência do abalo principal. Os dados coevos relativamente a esse sismo revelam, ainda, a abertura de uma grande fenda que, atravessando o areal da Praia da Vitória, se prolongou para o interior da ilha, numa extensão de cerca de 1,5 km, bem como o colapso dos edifícios todos na mesma direcção, sugerindo, por isso, Junior *et al.* (1983) que “*toda a força ... veio do lado do porto, ou do Nordeste*”. É, pois, provável que o sismo de 1841, e também o abalo de 1614, tenham estado associados a uma activação do sistema de fracturas do Graben das Lajes ou aos seus prolongamentos no mar.

O sismo de 1 de Janeiro de 1980, o maior abalo ocorrido nos Açores no século passado (M=7,2; IMM=VIII/IX), está profusamente documentado no trabalho de Oliveira *et al.* (1992). Este evento teve epicentro no mar, entre as ilhas Terceira, São Jorge e Graciosa e afectou sobretudo o sector ocidental e Sul da ilha Terceira, causando 61 vítimas e grandes destruições, designadamente na cidade de Angra do Heroísmo. Como sugere a respectiva sequência de réplicas obtida por Hirn *et al.* (1980), é provável que o abalo principal (ou abalos, *e.g.* Oliveira *et al.*, 1992) tenha originado uma activação de prolongamentos no mar de falhas activas conhecidas na zona Sul da ilha e junto a Angra do Heroísmo (Figura 1), como é o caso das falhas do Espigão e da Memória (Forjaz, 1980).

## Nota Final

O presente texto constitui parte de relatório elaborado no âmbito do Projecto PRAXIS XXI intitulado “*Projecto PPERCAS – Estudo do Risco/Casualidade Sísmica do Grupo*”

Central do Arquipélago dos Açores”, Ciência e Tecnologia, Contrato 3/3.1/CEG/2531/95, Financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

## Referências

- DRUMMOND, F.F., 1859. *Anais da ilha Terceira*. Governo Autónomo dos Açores – Secretaria Regional de Educação e Cultura (Editor). Angra do Heroísmo. Edição de 1981. Volumes I a III.
- FERAUD, G., I. KANEOKA e C.J. ALLEGRE, 1980. K/Ar ages and stress pattern in the Azores: geodynamic implications. *Earth and Planetary Science Letters* 46; 275-286.
- FERREIRA, M. PORTUGAL e J.M. AZEVEDO, 1995. *Evolução geológica do arquipélago dos Açores baseada na geocronologia*. Seminário “Geologia Atlântica”. Associação Portuguesa de Geólogos. Ponta Delgada. 9p.
- FINK, J.H. e S.W. ANDERSON, 2000. *Lava domes and coulees*. In: Haraldur Sigurdsson (Editor-in-Chief), *Encyclopedia of Volcanoes*. San Diego, California. Academic Press; 307-319.
- FORJAZ, V.H., 1980. *Carta Geotécnica da Terceira. 1-Esboço Tectónico Preliminar. Escala 1:50 000*. S.R.C.I.-Laboratório de Geociências e Tecnologia (Ed.), Ponta Delgada.
- FORJAZ, V.H, A. SERRALHEIRO e J.C. NUNES, 1990. *Carta Vulcanológica dos Açores - Grupo Central. Escala 1:200 000*. Serviço Regional de Protecção Civil, Universidade dos Açores e Centro de Vulcanologia INIC (Ed.), Ponta Delgada.
- JUNIOR, F.J.C., J.I.A. MONJARDINO e F.F. DRUMMOND, 1983. *Memória histórica do horrível terremoto de 15.VI.1841 que assolou a Vila da Praia da Vitória*. Câmara Municipal da Praia da Vitória (Editor). Praia da Vitória. 281p.
- LLOYD, E.F. e S.K. COLLIS, 1981. *Geothermal Prospection – Ilha Terceira, Açores. Geological Report*. Relatório. Secretaria Regional do Comércio e Indústria – Laboratório de Geociências e Tecnologia. Ponta Delgada. 96p.
- MADEIRA, J., 1999. *Volcanic caves and landscapes of the Azores*. Azores field trip guide booklet – III European Speleological Congress. SPE/SFEC. 8p.
- NUNES, J.C., 1991. *Microsismos e neotectónica – Contribuição para o seu estudo nos Açores*. Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica. Monografia. Departamento de Geociências. Universidade dos Açores. Ponta Delgada. 245p.
- NUNES, J.C., 1998. *Paisagens Vulcânicas dos Açores*. Amigos dos Açores (Ed.). Ponta Delgada. 54p.
- NUNES, J.C., 2000. *Estudo geológico da depressão vulcânica de São Sebastião (Ilha Terceira, Açores) e área envolvente*. Relatório Projecto PPERCAS-Universidade dos Açores 1/2000, Ponta Delgada. 25p.
- OLIVEIRA, C.S., A.R.A. LUCAS e J.H.C. GUEDES, 1992. *10 anos após o sismo dos Açores de 1 de Janeiro de 1980*. Monografia. Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Secretaria Regional de Habitação e Obras Públicas. Lisboa. Volumes I e II.
- SEARLE, R., 1980. Tectonic pattern of the Azores spreading centre and triple junction. *Earth and Planetary Science Letters* 51; 415-434.
- SELF, S., 1982. Excursion Guide for field trip V2. Island of Terceira. *Arquipélago, Série Ciências da Natureza* 3; 329-342.
- WHITE, W.M., J.-C. SCHILLING e S.R. HART, 1976. Evidence for the Azores mantle plume from strontium isotope geochemistry of the Central North Atlantic. *Nature* 263 (5579); 659-663.
- ZBYSZEWSKI, G., A.C. MEDEIROS, O.V. FERREIRA e C.T. ASSUNÇÃO, 1971. *Carta Geológica de Portugal na escala de 1:50 000. Notícia explicativa da Ilha Terceira (Açores)*. *Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa. 43p.

## Lista de Fotografias

**Foto 1.** Serra do Cume, bordo NE da caldeira dos Cinco Picos. Em segundo plano, ao fundo, vê-se o maciço vulcânico do Pico Alto.

**Foto 2.** Caldeira de Guilherme Moniz, cuja parte central foi preenchida pelas escoadas lávicas do Algar do Carvão (zona aplanada, em primeiro plano). A Serra do Morião (ao fundo) define a parede Sul da caldeira, talhada em traquitos comendíticos.

**Foto 3.** Domas (D) e *coulees* (C) de natureza traquítica do Vulcão do Pico Alto. Indica-se, ainda, a localização do cone de escórias do Algar do Carvão (A). Fotografia da Força Aérea Portuguesa.

**Foto 4.** Vista aérea do Vulcão de Santa Bárbara e da respectiva caldeira (SB). Em primeiro plano observa-se o alinhamento vulcano-tectónico do Pico Rachado (PR), bem como outros alinhamentos radiais ao vulcão de Santa Bárbara, definidos por domas e *coulees* (DC). Ao fundo vê-se o cone de tufos do Monte Brasil (MB).

**Foto 5.** Cone de escórias das Contendas, na zona SE da Ilha Terceira.

**Foto 6.** Escarpa de falha de Santiago (F), na Praia da Vitória, que define o bordo NE do *Graben* das Lajes. Nesta zona, a falha apresenta uma separação vertical média de 70 m, com o bloco SW (à esquerda) abatido. **10**

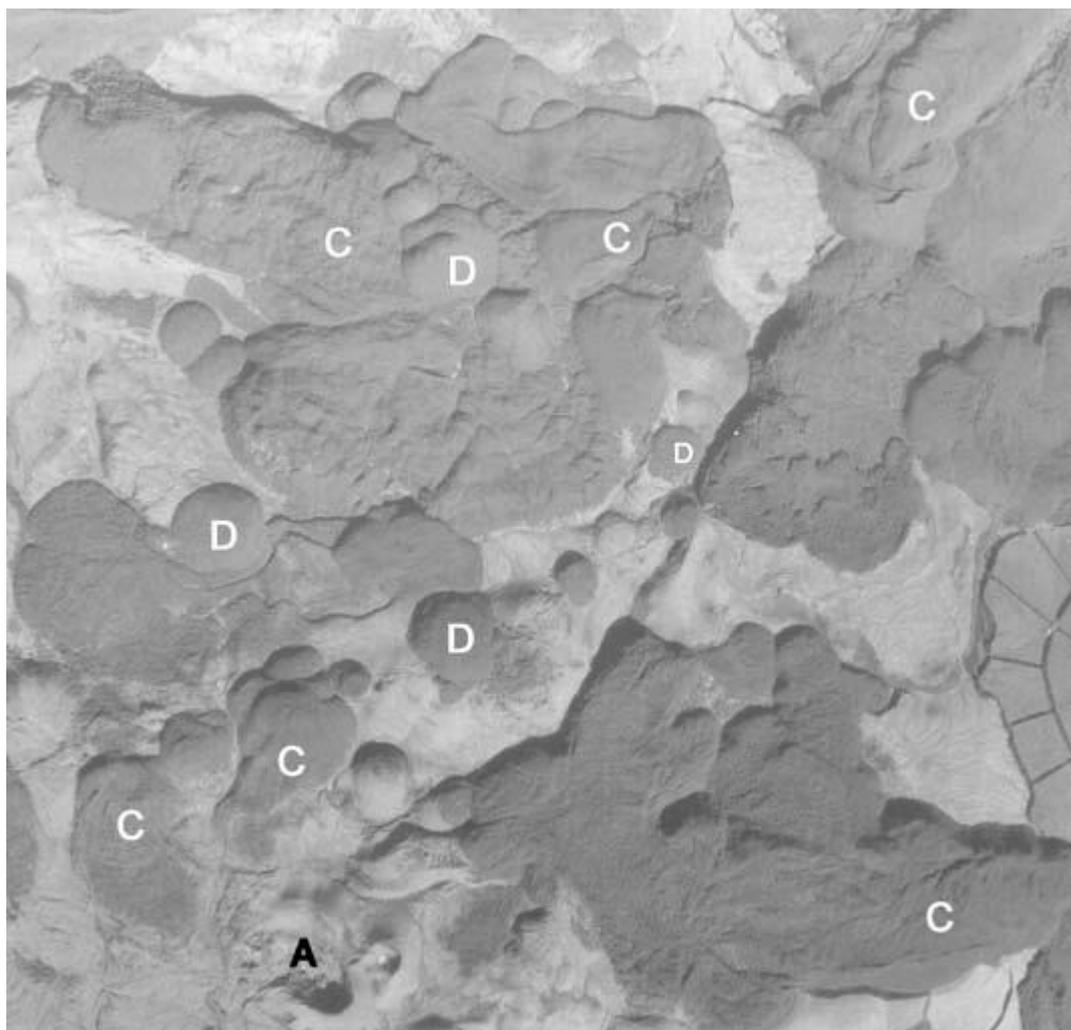
## Fotografias



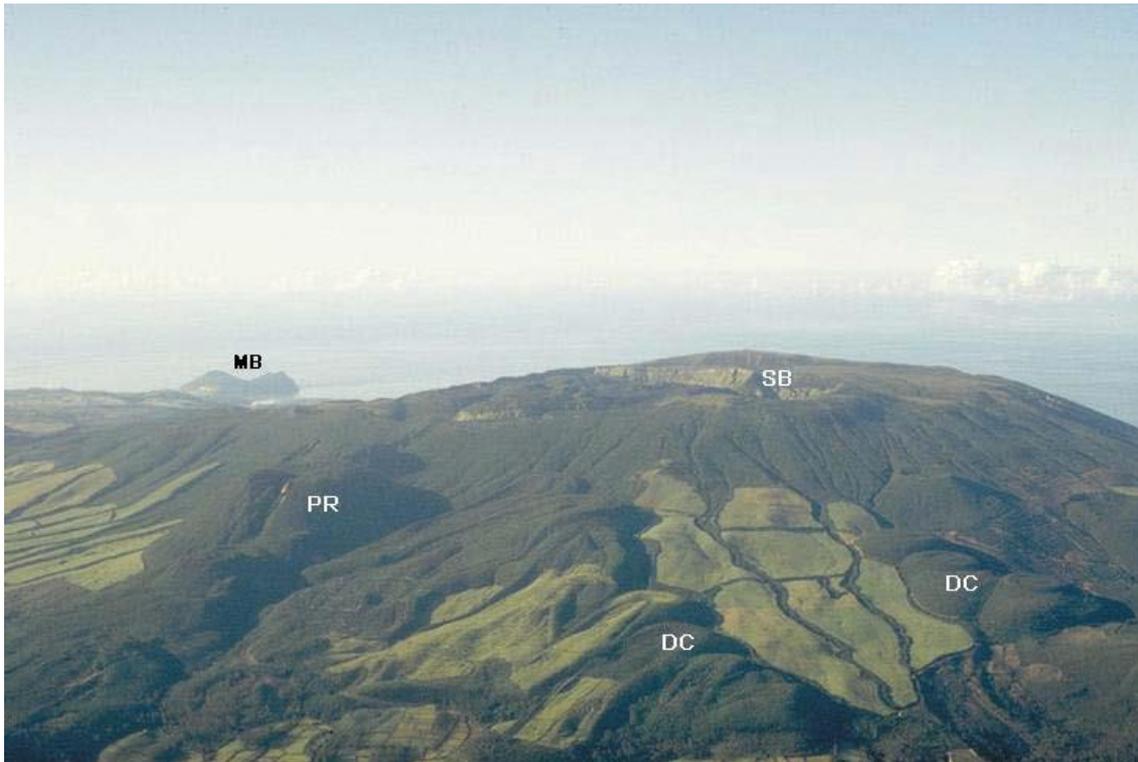
**Foto 1.** Serra do Cume, bordo NE da caldeira dos Cinco Picos. Em segundo plano, ao fundo, vê-se o maciço vulcânico do Pico Alto.



**Foto 2.** Caldeira de Guilherme Moniz, cuja parte central foi preenchida pelas escoadas lávicas do Algar do Carvão (zona aplanada, em primeiro plano). A Serra do Morião (ao fundo) define a parede Sul da caldeira, talhada em traquitos comendíticos.



**Foto 3.** Domas (D) e *coulees* (C) de natureza traquítica do Vulcão do Pico Alto. Indica-se, ainda, a localização do cone de escórias do Algar do Carvão (A). Fotografia da Força Aérea Portuguesa.



**Foto 4.** Vista aérea do Vulcão de Santa Bárbara e da respectiva caldeira (SB). Em primeiro plano observa-se o alinhamento vulcano-tectónico do Pico Rachado (PR), bem como outros alinhamentos radiais ao vulcão de Santa Bárbara, definidos por domas e *coulees* (DC). Ao fundo vê-se o cone de tufos do Monte Brasil (MB).



**Foto 5.** Cone de escórias das Contendas, na zona SE da Ilha Terceira.



**Foto 6.** Escarpa de falha de Santiago (F), na Praia da Vitória, que define o bordo NE do *Graben* das Lajes. Nessa zona, a falha apresenta uma separação vertical média de 70 m, com o bloco SW (à esquerda) abatido.

## Caracterização geral dos solos da ilha Terceira (Açores) que se enquadram na Ordem *Andisol*

Jorge Pinheiro

*Departamento de Ciências Agrárias-Universidade dos Açores, 9700 Angra do Heroísmo*

### Introdução

Os solos da ilha Terceira (Açores) foram objecto de um estudo apresentado por Pinheiro (1990), o qual levou à sua separação em três tipos principais que se designaram por *Andossolos Típicos*, *Andossolos Ferruginosos* e *Solos Pardos*. Dentro da categoria dos *Andossolos Típicos* foram, por sua vez, identificados três tipos distintos: os de perfil pouco diferenciado, vítricos, e os de perfil bem diferenciado com horizonte Bw, tanto os insaturados como os de tendência êtrica, que em geral correspondem respectivamente a *Vitrandepts*, *Dystrandepts* e *Eutrandepts* na primeira versão de *Soil Taxonomy* (*Soil Survey Staff*, 1975). Os *Andossolos Ferruginosos*, por seu lado, correspondem, no âmbito desta mesma classificação taxonómica, aos *Placandepts*.

O presente trabalho tem por objectivo fazer uma apreciação de carácter geral acerca das propriedades e da génese dos solos da ilha Terceira que se enquadram na Ordem *Andisol* (*Soil Survey Staff*, 1992).

Importa ainda referir que os *Andossolos* dos Açores foram pela primeira vez como tal designados por Ricardo *et al.* (1977), através da publicação do Esboço Pedológico da Ilha de S. Miguel (Açores), à qual se seguiu uma aproximação ao enquadramento taxonómico dos principais tipos de solos dos Açores (Ricardo *et al.*, 1978-79).

### Métodos e materiais

De um total de 28 perfis estudados (Pinheiro, 1990) seleccionaram-se 9 de modo a cobrir uma gama representativa da diversidade de solos da ilha Terceira subordinada à Ordem *Andisol*. Na tabela 1 apresenta-se a sua classificação e condições ambientais.

As determinações químicas e mineralógicas foram efectuadas na terra fina em amostra seca ao ar. As determinações físicas foram feitas em relação à amostra não crivada, nas condições de humidade natural. A densidade aparente (Dap) foi determinada em amostra não perturbada, colhida com sonda apropriada. A retenção de humidade a 1,5 MPa foi determinada pelo método da membrana de pressão em amostra húmida. O pH foi determinado potenciometricamente em H<sub>2</sub>O, em 1M KCl (1:2,5) e em 1M NaF(1:50). A capacidade de troca catiónica (CTC) foi determinada pelo método do acetato de amónio 1M a pH 7 e os catiões de troca extraídos foram determinados por absorção atómica. O Al de troca foi extraído com 1M KCl (1:10) e determinado por absorção atómica

(Blackmore *et al.* 1981). A retenção de fosfato (P ret) foi efectuada após equilíbrio da reacção de 5 g de solo com 25 ml de uma solução de 1 mg P/ml (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) a pH 4,6 (Blackmore *et al.* 1981). O carbono orgânico (C) foi determinado pelo método de Walkley e Black (1934). O Al e o Fe extraíveis pelo pirofosfato de sódio (Alp e Fep) foram determinados conforme descrito por Wada e Higashi (1976). O Al, Fe e Si extraíveis pelo oxalato de amónio a pH 3 (Alo, Feo e Sio) foram determinados conforme descrito por Blackmore *et al.* (1981).

Para os estudos mineralógicos foram utilizados também vários métodos de análise instrumental dos quais se destaca a difracção aos raios X obtida num aparelho Phillips PW10 com radiações do Cu, a partir da amostra total em pó, sedimentada sobre lâmina, ou da fracção argila colhida por sedimentação e decantação. Recorreu-se também ao uso da microscopia electrónica de varrimento e de transmissão com equipamentos Zeiss. Prepararam-se ainda lâminas delgadas, a partir de amostras secas ao ar e impregnadas com uma resina *poliester*, que foram estudadas ao microscópio petrográfico.

**TABELA 1. Classificação dos perfis e características ambientais**

Designação do perfil	Classificação (Soil Taxonomy)		Altitude (m)	Pluviometria média anual (mm)	Temperatura média anual (°C)
	1975	1994			
<i>Andossolos Típicos</i>					
Morião	Typic Dystrandep	Typic Hapludand	530	2600	14,0
Junco	Typic Dystrandep	Typic Hapludand	520	2550	14,0
D. Joana	Entic Dystrandep	Vitric Hapludand	240	1500	15,5
Padrão	Entic Eutrandedp	Vitric Hapludand	120	1250	16,0
<i>Andossolos Ferruginosos</i>					
S. Bárbara S	Aquic Pacandep	Aquic Placudand	760	3800	12,5
Lavaçal	Aquic Placandep	Aquic Placudand	600	3000	13,5
<i>Andossolos Vitrícos</i>					
Serreta	Typic Vitrandep	Typic Udivitrand	330	1900	15,0
Cabrito	Umbric Vitrandep	Typic Udivitrand	430	2400	14,2
Carvão	Vitrandep*	Vitrand*	630	3200	13,0

\*Com horizonte *placic*

## Condições ambientais

### *Tectónica, estrutura e geologia da ilha Terceira*

O Arquipélago dos Açores está situado entre as latitudes 37° e 40° N e as longitudes 25° e 31° W sobre a Dorsal Média do Atlântico, numa zona onde se verificará a junção de três placas litosféricas: a Americana, a Euroasiática e a Africana ( Machado, 1972). As ilhas Açorianas constituem pois a expressão sub-aérea de uma continuada e intensa actividade sismo-vulcânica desta zona oceânica de confluência de placas, a qual determinou a formação da Plataforma dos Açores, região grosseiramente triangular com cerca de 130 Km de largura, centrada sobre a linha do *Rift* da Terceira.

A Terceira é uma ilha vulcânica jovem, formada essencialmente por rochas ígneas e materiais de projecção que recobrem quase totalmente a sua superfície. De forma grosseiramente oval ( 28 Km por 17 Km), a sua estrutura alicerça-se em quatro grandes aparelhos vulcânicos do tipo estrato-cone: Cinco Picos, Guilherme Moniz, Pico Alto e S.Bárbara. A "zona de fissura", associada ao vulcanismo de natureza basáltica, constitui também elemento importante na definição da génese da Ilha (Self, 1973).

Do ponto de vista litológico, a Terceira parece ser a ilha mais complexa dos Açores, mostrando uma maior variedade de rochas, as quais, segundo Lloyd e Collis (1981), podem ser divididas em 3 Grupos: lavas do Quaternário, materiais de projecção do Pleistoceno Recente e depósitos termais e sedimentos do Pleistoceno Recente.

Segundo Self (1973), os depósitos de piroclastos são muito menos significativos do que em outras ilhas do arquipélago Açoriano, sobretudo S. Miguel e Faial. Contudo, depósitos pomíticos de composição traquítica encontram-se localmente bem desenvolvidos nas zonas do Pico Alto e de S. Bárbara, ocorrendo depósitos de escória basáltica ao longo da "zona de fissura". Os depósitos pomíticos são todos de tipo policomposto, onde predomina o material vítrico vesicular, mas com proporções variáveis de cristais "juvenis" de anortoclase e de fragmentos líticos arrancados às paredes da cratera, ou de obsidiana. Self (1973) estima que nos últimos 23.000 anos os vulcões da ilha Terceira produziram um volume de 5,25 Km<sup>3</sup> de lava e piroclastos, o que dá uma média por século de 0,023 Km<sup>3</sup>. Com base nesta taxa, considera que a massa sub-aérea da Terceira poderá ter sido formada em menos de 1 milhão de anos. Contudo esta taxa é, pelo menos, quatro vezes inferior à que se verificou em S. Miguel nos últimos 5.000 anos.

As datações relativas à ilha Terceira são escassas pelo que não é possível determinar correctamente a periodicidade das erupções. Contudo, a partir de uma das poucas datações existentes, sabe-se que nos últimos 2000 anos ocorreram 21 erupções.

#### *Características climáticas*

O clima da ilha Terceira é, tal como o das restantes ilhas do Arquipélago, caracterizado por uma fraca amplitude térmica e por uma precipitação e humidade do ar elevadas, reflectindo uma forte influência oceânica e condicionado pelo movimento do centro de altas pressões conhecido por anticiclone dos Açores, sofrendo igualmente o efeito moderador da corrente quente do Golfo.

As condições térmicas junto ao nível do mar, onde se situam as duas únicas estações meteorológicas da ilha Terceira, podem resumir-se do seguinte modo:

- a temperatura média anual é de 17° C;
- no trimestre de Inverno (Janeiro-Março) a temperatura média situa-se por volta dos 14° C, sendo a média das temperaturas mínimas do mês mais frio (Fevereiro) de 11,5° C;

- no Verão (Julho-Agosto) a temperatura média ronda os 21° C, sendo a média das temperaturas máximas do mês mais quente (Agosto) de 25° C;

- A variação média diurna da temperatura é de cerca de 5° C, sendo um pouco menor no Inverno do que no Verão.

Muito embora a carência de dados não permita uma caracterização precisa do clima em altitude, admite-se que a temperatura do ar diminua a uma taxa de 0,6° C/100 metros (Agostinho, 1938).

Os valores mais baixos da precipitação média anual, entre os 900 e os 1000 mm, situam-se apenas numa faixa estreita da costa leste. Segundo Agostinho (1941), até aos 600 metros a pluviosidade aumenta a uma taxa aproximada de 25% por cada 100 metros sendo mais elevada a partir daquela cota. Assim sendo, os valores da precipitação média anual estimada, para as zonas mais altas, ultrapassam os 3000 mm.

Em regra, a precipitação é mais elevada na encosta N do que na encosta S, devendo a diferença situar-se para valores da ordem dos 20-25% para a mesma altitude (estimado a partir dos valores da pluviosidade média observados a 130 m nas duas encostas).

O tipo de distribuição das chuvas é o mesmo em todo o arquipélago com um máximo de precipitação na segunda metade do Outono e no Inverno, e um mínimo de Junho a Agosto. Contudo, a precipitação nos 3 meses de Verão representa ainda 15% da precipitação total do ano, o que está muito longe da segura característica do Verão da região Mediterrânica (Agostinho, 1941).

## Resultados

### *Características macromorfológicas*

A descrição morfológica detalhada dos perfis que constam do presente estudo, encontra-se em Pinheiro (1990). Aqui, referem-se apenas as características mais significativas que, de um modo genérico, se podem identificar nos Andossolos e que são, em larga medida, específicas deles.

A transição nítida ou abrupta que em geral ocorre entre os horizontes dos Andossolos, tanto no que toca à cor como à estratificação textural, reflecte o efeito cumulativo dos sucessivos eventos vulcânicos no desenvolvimento dos perfis. As discontinuidades litológicas e os horizontes soterrados ocorrem com muita frequência nestes solos.

Os horizontes superficiais, escurecidos pela matéria orgânica, apresentam em geral texturas francas, com estruturas grumosas bem desenvolvidas e particularmente estáveis. Nos horizontes subsuperficiais que tendem a apresentar cores pardo-amareladas a pardo-avermelhadas, menos melanizados pela matéria orgânica, predominam igualmente as texturas francas, tendendo por vezes para as franco-limosas. Nestes horizontes a estrutura é em geral muito pouco desenvolvida pelo que eles apresentam frequentemente um

aspecto maciço embora com boa permeabilidade. Quando identificável, a estrutura é do tipo anisoforme subanguloso, de grau fraco.

A consistência mais habitual é a friável, pouco plástica e não adesiva, conferindo uma sensação untuosa ao tacto (*smear*), observável especialmente nos perfis que estão sob condições de humidade permanente. O solo, ao secar perde essa consistência "untuosa" e torna-se friável e pulverulento (*fluffy*), sobretudo na camada superficial onde a desidratação pode ser suficientemente intensa para permitir o desenvolvimento desta característica.

Apesar de bem drenados, estes solos apresentam em geral um elevado teor de humidade associado à natureza da sua microestrutura, que facilmente se reconhece pela exsudação de água em resposta à compressão entre os dedos. Esta característica, designada por tixotropia, era anteriormente tomada como característica diferenciadora da Subordem *Andepts* (*Soil Taxonomy, 1975*), tendo deixado de o ser a partir da definição da nova Ordem *Andisol* (Leamy, 1988), dada a subjectividade que encerra a sua avaliação. Tal como para a consistência untuosa a tixotropia é uma característica observável unicamente nos Andossolos mais característicos, que se desenvolvem sob condições de humidade permanente, situados em geral acima dos 350 metros no caso da ilha Terceira.

Os *Andossolos Ferruginosos*, localizados a altitudes superiores a 500 metros, sob condições de intensa pluviosidade e fraca evapotranspiração favoráveis ao desenvolvimento de hidromorfia, diferenciam-se pela presença, a profundidades variáveis no perfil, de um horizonte *placic* bem como de horizontes orgânicos em superfície.

#### *Micromorfologia*

As características micromorfológicas mais relevantes dos Andossolos são, no horizonte superficial, uma elevada microporosidade formada por microagregados de tendência esferoidal constituindo uma microestrutura característica a qual, nos horizontes Bw, se apresenta menos porosa de tipo anisoforme sub-anguloso. A abundância de grãos minerais simples e de fragmentos vítricos, em geral pouco alterados, evidencia que estes solos se caracterizam por estados evolutivos pouco avançados ou intermédios, razão que justifica, em parte, a ausência de minerais secundários cristalinos indicada pela isotropia que sempre se observa, muito embora o processo de andossolização, desde que evoluindo em condições ambientais favoráveis seja, ele próprio, contrário à diferenciação de formas cristalinas dos produtos secundários e favorável à persistência, por longos períodos de tempo, dos constituintes não cristalinos nomeadamente os de natureza alofânica. Nos *Andossolos Ferruginosos* as características micromorfológicas mais específicas, ocorrem ao nível do horizonte *placic*, que é definido por uma intensa acumulação de sesquióxidos de Fe que preenchem os vazios e impregnam profundamente os grãos mi-

nerais, constituindo uma massa densa e contínua, sem estratificação, de cor vermelha intensa, isótropa.

#### *Características físicas e químicas*

As propriedades físicas e químicas seleccionadas para o presente estudo apresentam-se na tabela 2.

Em geral, os Andossolos exibem características físicas muito distintas das de outros solos minerais, tais como uma baixa densidade aparente, dificuldades de dispersão, elevada capacidade de retenção de água e alterações irreversíveis após a dessecação.

Uma das características físicas mais significativas nos Andossolos é a densidade aparente (Dap), a qual apresenta neste tipo de solos valores particularmente baixos. A Dap dos solos seleccionados apresenta um valor sempre inferior a 0,9, o qual constitui o limite de referência para os Andossolos (*Soil Taxonomy*, 1992).

Como consequência da sua baixa Dap, os Andossolos apresentam em geral uma elevada capacidade de retenção de água. Nos perfis em estudo a retenção de humidade a 1,5 MPa, determinada em amostra húmida, assume os valores mais elevados (entre os 40 e os 70%) nos horizontes mais ricos em alofana. Contrariamente, os horizontes mais vítricos apresentam, para este parâmetro, os valores mais baixos.

A diminuição acentuada dos valores de retenção de humidade, quando determinada em amostras previamente secas, é uma característica física amplamente referida em relação aos Andossolos. Fields e Claridge (1975) procuram explicá-la dizendo que quando a água é removida, a estrutura "hidrogel" do material, permanentemente húmido nas condições naturais, colapsa por efeito da dessecação, aumentando os pontos de ligação com formação de novas unidades estruturais mais densas e estáveis, de elevada tenacidade.

Nos Andossolos é bem conhecida a dificuldade em obter uma dispersão adequada, pelo que a análise da textura oferece muito pouca confiança como parâmetro de caracterização. No solo húmido, a desfloculação química é problemática enquanto que no solo seco se dão cimentações irreversíveis com formação de "pseudo-areias" e "pseudo-limos" de tal modo que nestes solos é difícil se não impossível saber o que é a partícula unitária (Fields e Claridge, 1975).

Nos perfis seleccionados, os teores de carbono orgânico são elevados sobretudo nos horizontes superficiais, verificando-se que tendem a aumentar com a altitude, atingindo o valor máximo nos perfis dos Andossolos Ferruginosos, onde ocorrem em geral horizontes orgânicos.

A maioria dos valores do pH (H<sub>2</sub>O) situa-se no intervalo 5 a 7 observando-se uma tendência para diminuir nos perfis situados a maior altitude, sujeitos a uma pluviometria mais intensa a qual se manifesta igualmente sobre a soma de bases de troca. Os valores mais baixos de pH encontram-se nos horizontes superficiais devido ao efeito acidificante

**TABELA 2. Propriedades físicas e químicas dos perfis selecionados**

Pedon	Profund.	Massa	1,5 MPa	C	pH			Bases de troca				Al Ext.	CTCE	P ret.	Alo	Feo	Sio	Alp	Fep	Alp/Alo	Fep/Feo	Al/Sio	Alofana
					H2O	KCl	NaF	Ca	Mg	Na	K												
Horiz.	cm	volúmica	kg kg-1	g kg-1	.....cmol(+)kg-1.....																		
		g cm-3																					
<i>Morião</i>																							
Ap	0-25	0,52	0,41	102	5,1	4,8	9,7	2,7	1,5	0,5	0,4	0,2	5,3	87	22	27	3	19	21	0,86	0,78	1,0	16
Bw	25-46	0,43	0,42	26	6,2	5,9	11,3	0,7	0,2	0,5	0,2	0,3	1,9	90	34	30	15	6	3	0,18	0,10	1,9	103
Ab	46-82	0,69	0,45	23	6,6	5,9	10,9	1,5	1,1	0,6	0,3	0,0	3,5	98	54	48	28	4	1	0,07	0,02	1,8	187
Bwb	82-95	0,55	0,58	6	6,6	5,9	10,7	1,6	1,2	0,7	0,3	0,0	3,8	92	34	27	13	5	3	0,14	0,11	2,3	108
2Ab	95-130	0,49	0,46	39	6,6	5,6	11,0	2,2	1,5	0,2	0,2	0,0	4,1	95	50	39	22	7	6	0,14	0,15	2,0	126
<i>Junco</i>																							
Ap	0-23	0,76	0,27	80	4,9	4,4	10,1	2,3	0,9	0,6	0,4	0,1	4,3	90	14	18	2	10	13	0,70	0,56	2,0	16
Bw1	23-50	0,59	0,46	46	5,8	5,3	11,2	1,2	0,4	0,4	0,2	0,2	2,4	98	26	29	8	13	19	0,50	0,66	1,7	52
Bw2	50-65	0,54	0,75	35	5,8	5,4	11,0	1,4	0,8	0,5	0,3	0,1	3,1	99	56	34	25	11	14	0,20	0,40	1,9	170
BC	65-90	0,55	0,24	5	6,0	5,5	10,5	1,0	0,4	0,6	0,1	0,0	2,1	94	29	15	17	3	1	0,10	0,07	1,6	99
2Bw	90-140	0,57	0,67	28	6,2	5,6	10,3	1,8	1,0	1,0	0,2	0,3	4,3	99	79	69	44	11	9	0,13	0,13	1,6	280
<i>D. Joana</i>																							
Ap	0-13	0,78	0,26	38	6,1	4,9	9,6	3,9	2,5	1,1	1,3	0,2	9,0	85	25	39	8	8	4	0,30	0,10	2,2	64
Bw1	13-34	0,83	0,23	34	6,2	5,1	9,7	3,4	2,2	1,4	0,8	0,2	8,0	86	26	40	9	10	6	0,38	0,15	1,8	60
Bw2	34-48	0,76	0,26	21	6,4	5,4	9,9	5,8	3,4	2,8	0,9	0,1	13,0	88	29	41	15	5	5	0,17	0,12	1,6	97
BC	48-80	0,76	0,25	15	6,7	5,5	10,0	5,7	2,2	2,8	0,6	0,0	11,3	84	23	50	3	3	5	0,13	0,10	1,6	65
<i>Padrão</i>																							
Ap	0-14	0,89	0,17	37	5,4	4,6	10,7	7,3	1,6	1,0	2,2	0,2	12,3	85	25	34	13	4	3	0,16	0,09	1,6	84
Bw	14-31	0,90	0,20	35	5,2	4,3	9,7	4,3	1,0	1,0	0,9	0,3	7,5	86	25	34	13	5	3	0,22	0,09	1,5	82
2ABb	31-60	0,76	0,70	30	6,4	5,2	9,8	10,0	6,2	4,4	1,2	0,1	21,9	88	46	59	32	5	4	0,11	0,07	1,3	186
2Bwb	60-124	0,80	0,31	8	7,0	5,7	10,0	7,9	2,1	2,5	0,1	0,4	13,0	78	16	18	14	1	1	0,06	0,06	1,1	76
<i>Serreta</i>																							
Ap	0-13	0,67	0,29	56	5,1	4,6	9,9	3,7	1,5	1,2	0,3	0,1	6,8	65	11	12	5	6	6	0,54	0,50	1,0	26
BC1	13-20	0,74	0,23	19	5,5	5,0	10,7	1,2	0,3	0,8	0,1	0,0	2,4	81	16	9	7	5	3	0,30	0,30	1,6	44
BC2	20-35	0,77	0,13	14	6,0	5,0	10,9	1,1	0,7	0,8	0,1	0,0	2,7	67	13	11	6	2	1	0,15	0,09	1,9	41
BC3	35-80	0,79	0,12	12	6,3	5,4	10,3	1,5	1,2	0,8	0,4	0,0	3,9	59	13	10	6	1	1	0,07	0,10	2,0	43

**TABELA 2 (continuação). Propriedades físicas e químicas dos perfis seleccionados**

Pedon	Profund.	Massa	1,5 MPa	C	pH			Bases de troca				Al Ext.	CTCE	P ret.	Alo	Feo	Sio	Alp	Fep	Alp/Alo	Fep/Feo	Al/Sio	Alofana
					H2O	KCl	NaF	Ca	Mg	Na	K												
Horiz.	cm	volúmica	kg kg-1	g kg-1	.....cmol(+) kg-1.....																		
<i>Cabrito</i>																							
AC	0-15	0,57	0,35	84	5,0	3,9	8,5	1,4	0,5	0,7	0,3	0,2	3,1	71	4	8	1	4	6	0,10	0,75	0,0	0
C1	15-90	0,81	0,60	3	6,0	5,4	9,8	0,9	0,2	0,2	0,1	0,0	1,4	65	6	6	4	1	1	0,16	0,16	1,3	23
C2	90-105	0,80	0,50	8	6,2	5,5	10,2	1,2	0,6	0,3	0,1	0,0	2,2	76	10	8	6	1	1	0,10	0,13	1,6	37
2Ab	105-150	0,70	0,41	34	6,4	5,5	10,2	1,5	2,6	0,8	0,1	0,2	5,2	96	24	33	11	7	9	0,30	0,27	1,6	70
2Bwb	150-170	0,68	0,33	27	6,4	5,4	10,5	1,2	1,7	0,8	0,2	0,2	4,1	98	41	26	19	5	3	0,12	0,20	2,0	135
<i>Carvão</i>																							
A	0-5	0,40	0,78	184	4,8	4,4	10,2	2,0	4,0	1,6	1,3	0,1	9,0	83	27	40	8	22	23	0,80	0,60	0,6	38
AC	5_20	0,56	0,55	109	6,0	5,2	10,5	1,2	1,8	0,6	0,3	0,2	4,1	95	36	41	14	24	17	0,70	0,40	0,9	71
Bsm	20-22	nd	nd	52	6,1	5,4	9,9	1,4	1,7	0,3	0,2	0,2	3,8	96	44	74	18	5	4	0,10	0,10	2,2	138
BC	22-35	nd	0,31	24	6,9	5,9	10,2	1,1	1,6	0,4	0,1	0,0	3,2	93	44	53	22	3	2	0,10	0,00	1,9	152
<i>S. Bárbara</i>																							
O1	20_10	0,32	0,54	340	4,8	3,8	7,9	1,4	1,5	0,6	0,3	0,1	3,9	41	5	2	1	7	2	1,40	1,00	0,0	0
O2	10-0	0,61	0,63	300	5,2	4,1	10,7	0,9	0,6	0,1	0,6	0,0	2,2	87	10	7	2	11	5	1,10	0,71	0,0	0
A	0-18	0,56	0,49	172	5,1	4,2	11,2	0,9	0,5	0,1	0,6	0,2	2,3	92	24	1	1	32	1	1,30	1,00	0,0	0
Bsm	18-22	0,71	0,77	58	5,2	4,8	11,0	0,6	0,6	0,1	0,1	0,2	1,6	96	35	105	7	24	85	0,69	0,81	1,6	43
BC	22-45	0,68	0,29	9	5,4	5,2	10,8	1,0	0,5	0,1	0,5	0,1	2,2	98	51	13	25	4	1	0,10	0,10	2,0	176
2 Bwb	45-120	0,57	0,73	29	5,5	5,1	10,8	1,0	0,7	0,1	0,5	0,2	2,3	99	55	33	22	7	7	0,13	0,21	2,3	183
<i>Lavaçal</i>																							
A	0_8	0,40	0,62	177	4,6	3,6	8,9	0,4	1,6	1,4	0,8	0,2	4,4	60	10	7	3	9	7	0,90	1,00	0,3	0
AC	8_18	0,69	0,65	78	4,9	4,0	11,0	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,8	86	15	17	1	2	16	1,30	0,90	0,0	0
2ACb	18-39	0,48	0,60	56	5,0	4,6	11,8	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,6	92	28	5	8	13	4	0,50	0,80	1,8	57
3Bsmb	39-42	0,51	0,68	28	5,3	5,4	11,4	0,1	0,5	0,1	0,1	0,3	1,1	98	52	84	18	7	5	0,10	0,06	2,6	174
3BCb	42-60	0,52	0,36	10	5,6	5,4	10,9	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,6	96	65	30	42	3	1	0,05	0,03	1,5	260
3Cb	60-120	nd	0,34	4	5,9	5,6	10,8	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,6	88	34	18	22	2	1	0,06	0,04	1,5	135

nd - não determinado

da matéria orgânica; em profundidade o pH aumenta em consequência também de um menos intenso processo de lixiviação. O pH (KCl), em geral entre 5 e 6, adquire nos horizontes superficiais valores mais baixos em consequência da troca de iões  $H^+$  da matéria orgânica por acção do  $K^+$ .

O pH em NaF é em geral elevado. Os valores mais baixos correspondem aos solos vítricos. Este parâmetro que segundo *Soil Taxonomy* (1975) constituía critério diferenciador da Subordem *Andepts* para valores superiores a 9,4, deixa de o ser para a Ordem *Andisol*, porquanto outros solos ricos em materiais não cristalinos, nomeadamente os *Spodosols*, reagem igualmente ao NaF.

O Al de troca (extraível por KCl 1M) é em geral muito baixo ou nulo, o que se explica pela ausência de minerais 2:1 que são normalmente os responsáveis pela existência de uma carga electrostática fixa, favorável à ocorrência de alumínio de troca. A alofana e a imogolite apresentam propriedades ácidas relativamente fracas pelo que não desenvolvem pontos de carga electrostática suficientemente forte para a retenção do  $Al^{3+}$  em posições de troca (Henmi e Wada, 1974).

A capacidade de troca catiónica efectiva (CTCE), resultante quase exclusivamente da soma das bases, apresenta valores bastante mais elevados nos perfis *D. Joana* e *Padrão*, indiciando, para estes solos, uma certa tendência eútrica.

A natureza estrutural particular dos componentes coloidais dos Andossolos limita grandemente as possibilidades de aplicação ao estudo destas substâncias das técnicas instrumentais usualmente utilizadas para a caracterização de minerais de cristalinidade bem definida, nomeadamente a difracção aos raios X. Assim, os métodos de dissolução selectiva constituem presentemente as técnicas mais adequadas para o estudo da fracção coloidal não cristalina dos solos vulcânicos (Parfitt e Wilson, 1984; Shoji *et al.*, 1988).

O pirofosfato de sódio (pH 10) dissolve preferencialmente os complexos húmicos de Al e Fe (Bascomb, 1968; Higashi e Shinagawa, 1981), enquanto que o oxalato de amónio (pH 3) dissolve não apenas estes complexos, mas extrai também o Al e o Si da alofana e imogolite e o Fe da ferridrite, bem como de outros compostos de "ordenação curta" (Parfitt e Henmy, 1982).

Os valores das análises de dissolução selectiva apresentados na tabela 2, mostram que o conteúdo de  $Al_o$  é superior a 2% em todos os horizontes estudados com excepção daqueles onde está patente o carácter vítrico: perfil Serreta, primeira sequência do perfil Cabrito e horizonte superficial do perfil Junco. O  $Fe_o$  segue a tendência do  $Al_o$  mas em geral com valores mais baixos.

As percentagens de  $Al_p$  são sempre inferiores às de  $Al_o$  o que indica a predominância de compostos minerais do tipo alofânico sobre os complexos organo-minerais. Os valores mais elevados de  $Al_p$  e  $Fe_p$  encontram-se, como é lógico, nos horizontes superficiais

onde, em alguns casos, as formas dominantes de Al e Fe activos são de natureza organometálica, como se pode observar pelos valores das relações  $Alp/Alo$  e  $Fep/Feo$ .

Característico também dos Andossolos e que os diferencia de outros tipos de solos, são os elevados valores de Sio. A razão atómica  $Alo-Alp/Sio$ , que indica aproximadamente a razão atómica Al/Si da alofana e imogolite, apresenta, para os perfis seleccionados, valores entre 1,3 e 2,3. Com base nesta razão e no teor de Sio, tido como sílica estrutural da alofana e imogolite, é possível estimar o conteúdo nestes materiais (Parfitt e Wilson, 1985). Os valores de alofana assim calculados situam-se em média por volta dos 10%, em relação à terra fina, com um máximo de 18,6%. Os valores mais baixos verificam-se em geral nos horizontes superficiais, numa relação inversa com o teor em complexos Al-humus, a qual se deverá ao facto de o Al apresentar uma maior afinidade para os constituintes orgânicos complexantes, estabelecendo com eles ligações fortes que limitam a coprecipitação de Al e Si, contrariando assim a formação de compostos alofânicos.

A acumulação de húmus nos horizontes superficiais dos Andossolos poderá ser favorável à formação de sílica opalina (Wada, 1980), constituinte que não lográmos contudo identificar nos nossos perfis. Em horizontes soterrados, no entanto, ao verificar-se a interrupção de novas adições de matéria orgânica, o processo de formação da alofana passa a ser preponderante, conforme se pode deduzir dos elevados teores em alofana que alguns desses horizontes apresentam, como no caso dos perfis Morião e Padrão.

Outro dado importante nestes solos é a retenção de fosfato (P ret), parâmetro que (tal como o pH em NaF) está associado à presença de Al e Fe activos. Nos perfis estudados a retenção de fosfato é em geral elevada, situando-se acima dos 85% em todos os horizontes, com excepção dos de carácter mais marcadamente vítrico onde o Alo apresenta valores igualmente mais baixos, conforme referido anteriormente.

#### *Caracterização mineralógica*

Para melhor caracterização da mineralogia destes solos, realizaram-se, para além das análises de dissolução selectiva, difractogramas de raios X e observações ao microscópio electrónico de transmissão e de varrimento.

Nos difractogramas predominam reflexões dos minerais primários, especialmente do tipo sanidina e plagioclases, observando-se, em menor proporção piroxenas, magnetite e mais raramente olivinas.

Unicamente nos perfis Padrão e D. Joana foram observadas reflexões, correspondentes a haloisite 10 Å, nos horizontes mais profundos. No caso do perfil Padrão os horizontes 2AB e 2Bw, as reflexões haloisíticas correspondentes apresentam-se relativamente bem expressas enquanto que no perfil D. Joana apenas no horizonte inferior elas são identificáveis. O estudo das amostras ao microscópio electrónico de transmissão permitiu a iden-

tificação, nestes dois perfis, de haloisite tubular e globular em coexistência com geles de carácter mineral, provavelmente alofânicos.

## Discussão

### *Aspectos genéricos*

A gênese dos Andossolos está ligada à alteração do material vulcânico rico em vidro, à síntese de alofana e imogolite e à formação de complexos organo-minerais. Os materiais de origem em geral de natureza piroclástica, vítricos, muito porosos, dão lugar a uma rápida alteração e à formação abundante de produtos amorfos e criptocristalinos, que constituem a mineralogia típica destes solos.

A rapidez dos processos de alteração determina a existência abundante de nutrientes, o que permite o desenvolvimento precoce de um coberto vegetal favorecido por condições de humidade e temperatura. Assim, nas etapas iniciais de desenvolvimento, estes solos apresentam, por vezes, um carácter húmifero em superfície sobre uma camada pouco meteorizada de tipo rególico. O excesso de bases libertadas nesta fase inicial é eliminada, num período de tempo relativamente curto, devido à humidade do clima, e vão-se formando geles siliciosos e alumínicos cuja precipitação conjunta dá origem à síntese dos compostos alofânicos e imogolite.

A natureza dos constituintes coloidais destes solos vai-se modificando em função do tempo e das condições ambientais que influenciam os processos de alteração. O período de persistência e de estabilidade da fase alofânica típica, está grandemente dependente das condições pedoclimáticas. À medida que o processo de meteorização progride no tempo e sob o estímulo de soluções siliciosas, a alofana tende a evoluir para haloisite ou outros minerais cristalinos, sobretudo em horizontes mais profundos. Se o ambiente favorece a dessilicificação formar-se-á gibsite.

A existência de um período relativamente seco afecta as propriedades físicas e químicas, sobretudo dos horizontes superficiais, e estimula a transformação da alofana em haloisite, pelo que nestas condições a fase ândica é muito menos bem expressa e duradoura. Conforme se vai dando a evolução dos compostos alofânicos para formas cristalinas, desaparecem as propriedades características dos Andossolos: baixa Dap, carga variável, elevado poder de fixação de fosfatos, etc., dando lugar à formação dos *Solos Pardos* (Pinheiro 1990).

### *Zonalidade climática altitudinal e distribuição dos solos*

A distribuição dos *Andisols* da ilha Terceira está estreitamente relacionada com a zonalidade climática altitudinal, muito embora a idade e a natureza geoquímica do material vulcânico originário, bem como as formas do relevo, contribuam necessariamente para o tipo de diferenciação pedológica que se verifica.

Em linhas gerais, pode considerar-se que existem três níveis climáticos na ilha Terceira, embora não coincidentes entre as vertentes Norte e Sul.

O nível inferior, que se estende até aos 250-300 m na vertente Sul e até aos 150-200 m na vertente Norte, apresenta umas condições climáticas que, embora difíceis de caracterizar de forma precisa, são claramente marcadas por um período de relativa secura durante os meses estivais, provavelmente suficientemente intenso para, na maioria dos anos, provocar a dessecação de, pelo menos, a parte superior dos perfis. Neste nível os Andossolos apresentam por vezes uma tendência êutrica (perfis D. Joana e Padrão) e alternam com solos, cujas propriedades ândicas são pouco marcadas ou mesmo se perderam completamente, como acontece na plataforma Este correspondente à zona mais antiga da ilha, onde predominam os *Solos Pardos*, correspondentes à Ordem *Inceptisol* (*Soil Taxonomy*, 1992).

O segundo nível climático-altitudinal, que se estende até cerca dos 600 m na vertente Sul e até por volta dos 500 m na zona Norte, caracteriza-se por um clima permanentemente húmido com pluviometrias estimadas que variam entre os 1500 e os 2500 mm, sem que seja habitual a existência de um período seco como na zona baixa. Aqui predominam os Andossolos, em geral insaturados, muitos dos quais satisfazem integralmente às características mais típicas do conceito central da Ordem *Andisol*.

No nível climático superior, hiper-húmido, com pluviometrias médias anuais superiores a 2500 mm, favorece-se a formação e acumulação de um húmus ácido que dá lugar a um horizonte orgânico muito escuro e espesso. Nestas altitudes é comum a segregação de ferro que se acumula em delgadas camadas do perfil formando por vezes horizontes de tipo *placic*, que caracterizam os *Andossolos Ferruginosos*.

Os Andossolos vítricos, desenvolvem-se sobre os materiais de projecção mais modernos, podendo ocorrer em qualquer dos níveis climáticos, sendo disso exemplo os três *Vitrands* incluídos neste estudo (quadro 1), dos quais o perfil Carvão representa um caso particular de um *Vitrاند* com horizonte *placic*, condição esta que, em termos classificativos, não está contemplada na *Soil Taxonomy*, mesmo na sua versão mais moderna (1992).

#### *Caracterização da génese. Apreciação comparativa*

Os valores das razões  $Alp/Alo$  e  $Fep/Feo$  indicam que se bem que nos horizontes superficiais dos *Hapludands* as formas organo-minerais representem uma parte importante do Al e do Fe activo, nos *Placudands* constituem praticamente a sua totalidade, nomeadamente as formas ferruginosas. Por outro lado, o facto de estes horizontes conterem muito baixas quantidades de SiO, reflecte a ausência de alofana e imogolite, cujos valores variam de forma inversa aos da relação  $Alp/Alo$ . Nestes solos é notória a existência de um processo de redistribuição a qual se manifesta de forma drástica em relação ao Feo

nos horizontes Bsm, e é também evidente em relação ao Alo e Sio cujos valores máximos se verificam nos horizontes BC, subjacentes ao Bsm, nos quais se verifica igualmente um máximo de alofana. No entanto, a par destas características específicas, os Andossolos Ferruginosos apresentam nos horizontes Bsm, bem como nos que lhe estão subjacentes, propriedades ândicas bem definidas. A ausência de alofana e de imogolite nos horizontes superiores, com elevados teores de matéria orgânica, ácida, resultará não só de um fenómeno de bloqueio do Al através da formação de complexos organominerais, como também do facto de as condições de pH do meio serem desfavoráveis à estabilidade dos constituintes alofânicos. Diversos estudos têm demonstrado que a alofana em geral não ocorre em solos cujo pH (H<sub>2</sub>O) seja inferior a 5 (Shoji *et al.*, 1982; Farmer, 1984; Parfitt e Saigusa, 1985; Parfitt e Kimble, 1989).

Quanto aos *Hapludands*, os valores da distribuição do Alo, Feo e Sio, evoluem todos no mesmo sentido evidenciando que a sua origem se deve principalmente a processos de alteração *in situ* e não a fenómenos de redistribuição. As variações graduais que se verificam ao longo dos perfis são consequência de diferenças quanto ao estado de alteração dos horizontes bem como quanto à natureza dos respectivos materiais originários.

Nestes solos, embora se formem em ambiente de humidade permanente, as condições climáticas não são suficientemente severas para que se desenvolvam horizontes orgânicos associados a uma vegetação acidificante como no caso dos *Placidands*. O pH é em geral superior a 5, mesmo nos horizontes superficiais mais ricos em matéria orgânica, portanto favorável à estabilidade da alofana. A maioria dos horizontes onde os teores de alofana são mais elevados (perfis Morião e Junco), apresenta valores de pH por volta de 6.

Nalguns solos, como os dos perfis *D. Joana e Padrão*, localizados, num ambiente climático menos húmido, a valores elevados de Alo correspondem valores de retenção de fosfato relativamente mais baixos, situados pouco acima dos 85%. Tal facto poderá estar relacionado com a ocorrência de um tipo de alofana mais siliciosa e menos reactiva, conforme é sugerido pelos valores da relação Si/Al, sobretudo no caso do perfil Padrão.

Assim sendo, o equilíbrio Si-Al desempenhará portanto um papel determinante na intensidade com que a andossolização se expressa. Tendo em conta que o Al é relativamente imóvel quando comparado com o Si, devido não só às condições de pH mas também por ser imobilizado quer na forma de alofana quer na de complexos Al-humus (Wada, 1980), teremos que concluir que aquele equilíbrio é pois grandemente governado pelo teor de Si na solução do solo o qual depende, em última análise, do regime de humidade.

Parfitt *et al.* (1984), analisando as condições de formação da alofana e da haloisite a partir de cinzas vulcânicas com a mesma origem mas sob diferentes condições de humidade, acabam por concluir que quando a drenagem do solo é inferior a 250 mm/ano a

haloite forma-se em quantidades consideráveis; quando a drenagem é superior a 200 mm/ano predomina a alofana. Estes autores mostram ainda que a relação molar Al/Si da alofana aumenta de 1,2 para 2,1 à medida que a taxa de lixiviação aumenta de 250 para 600 mm.

Na ilha Terceira, nos níveis mais húmidos permanecem exclusivamente os produtos de natureza alofânica, tal como se verifica tanto para os *Andossolos Típicos* de zona mais húmida - caso dos perfis Morião e Junco - como para a generalidade dos *Andossolos Ferruginosos*. Por outro lado, nas zonas menos húmidas, favorece-se a génese de minerais de argila cristalinos, mormente haloisíticos, que coexistem com os produtos alofânicos, tal como acontece no caso dos perfis Padrão e D. Joana. A ocorrência dos *Solos Pardos* nas zonas climáticas sujeitas a uma relativa secura no Verão, cuja fracção argilosa é predominantemente haloisítica, deixa clara a dependência que a diferenciação mineralógica apresenta em relação ao clima.

Assim, o teor de Si na solução do solo, governado pelas condições climáticas e dependente da composição química do material originário e do tempo será, em última análise, o factor de maior relevância na evolução da fracção argilosa dos solos vulcânicos.

Esta apreciação de conjunto indicia que os *Andossolos*, com propriedades ândicas melhor definidas, só ocorrem na zona climática que permite o desenvolvimento de um pedoclima permanentemente húmido. Se ocorrer uma alternância de fases de dessecação e de humedecimento do perfil, indispensável para que se dê a cristalização dos geles minerais, verificar-se-á uma evolução irreversível dos constituintes minerais e o *Andossolo* dará lugar ao *Solo Pardo*, o qual evoluirá certamente para outros tipos como é admitido em relação ao que se passa na ilha de S. Maria, a mais antiga do Arquipélago (Madeira, 1981).

Constata-se pois que na ilha Terceira, tal como em outras regiões do Mundo, os *Andossolos Típicos* não ocorrem senão sob condições climáticas bem definidas, formando um "estrato" característico cujos limites altitudinais são função do clima geral. Às altitudes superiores ou inferiores o *Andossolo Típico* dá lugar a formas de transição: *Andossolos Ferruginosos*, às altitudes superiores, e solos ândicos sob a forma de *intergrades* diversos para *Solos Pardos* nas zonas inferiores.

## Referências bibliográficas

- Agostinho, J. 1941. Clima dos Açores. *Açoreana* **4**, 224-267. Angra do Heroísmo.
- Bascomb, C. L. 1968. Distribution of pyrophosphate extractable iron and organic carbon in soils of various groups. *J. Soil Sci.* **19**, 251-268.
- Blackmore, L. C., P. L. Searle and B. K. Daly. 1981. *Soil Bureau laboratory methods: A. Methods for chemical analysis of soils*. N. Z. Soil Bur. Sci. Rep. 10A (revised).
- Farmer, V. C. 1984. Distribution of allophane and organic matter in podzol B horizons: reply to Burman and Van Reeuwijk. *J. Soil Sci.*, **35**, 453-458.
- Fields, M., and G. C. C. Claridge. 1975. In: Inorganic Compounds (J. E. Gieseking, ed.), Soil Components, vol. 2, Springer-Verlag, Berlin and New York, pp. 351-393.
- Fields, M., and K. W. Perrott. 1966. The nature of allophane in soils. Part 3. Rapid field and laboratory test for allophane. *N. Z. J. Soil Sci.*, **9**, 623-629.
- Henmi, T. and K. Wada. 1974. Surface acidity of imogolite and allophane. *Clay Min.* **10**, 231-245.
- Higashi, T. and A. Shinagawa. 1981. Comparison of sodium Hydroxide-tetraborate and sodium pyrophosphate as extractants of Al/Fe-humus complexes in Dystrandepts, Japan. *Geoderma*, **25**, 292-295.
- Leamy, M. L. 1988. *International committee on the classification of Andisols (ICOMAND)*. Circular 10. New Zealand Soil Bureau, N.Z.
- Lloyd, E. F. and S. K. Collis. 1981. *Geothermal Prospection - Ilha Terceira, Açores: Geological Report*. Geothermal Energy New Zealand: Mitsubishi Corporation. Secretaria Reg. do Comércio e Industria. Ponta Delgada, (policopiado).
- Machado, F., J. Quintino e J. H. Monteiro. 1972. Geology of the Azores and the Mid-Atlantic Rift. *24th I. G. C. Section* **3**, 134-142.
- Madeira, M. A. V. 1981. *Esboço pedológico da ilha de S. Maria*. Instituto Nacional de Investigação Científica. Centro de Pedologia da Universidade Técnica de Lisboa.
- Parfitt, R. L., and T. Henmi. 1982. Comparison of an oxalate extraction method and an infrared spectroscopic method for determining allophane in soil clays. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **28**, 183-190.
- Parfitt, R. L. and J. M. Kimble. 1989. Conditions of formation of allophane in soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **53**, 971-977.
- Parfitt, R. L., and M. Saigusa. 1985. Allophane and humus-aluminium in Spodosols and Andepts formed from the same volcanic ash beds in New Zealand. *Soil Sci.*, **139**, 149-155.
- Parfitt, R. L., M. Saigusa and J. D. Cowie. 1984. Allophane and Halloysite formation in a volcanic ash bed under different moisture conditions. *Soil Sci.*, **138**, 360-364.
- Parfitt, R. L., and A. D. Wilson. 1985. Estimation of allophane and halloysite in three sequences of volcanic soils, New Zealand. In *Volcanic Soils*. (E. F. Caldas and D. H. Yaalon, eds.). Braunschweig, pp. 1-8.
- Pinheiro, J. 1990. *Estudo dos Principais Tipos de Solos da Ilha Terceira (Açores)*. Tese de Doutoramento. Universidade dos Açores, Angra do Heroísmo.
- Ricardo, R. P., M. V. Madeira, J. M. B. Medina, M. M. Marques e A. F. S. Furtado. 1977. Esboço Pedológico da Ilha de S. Miguel (Açores). *An. Inst. Sup. Agron.*, **37**, 275-385. Lisboa.
- Ricardo, R. P., M. A. V. Madeira e J. M. B. Medina. 1978-79. Enquadramento Taxonómico dos Principais Tipos de Solos que se Admite Ocorrerem no Arquipélago dos Açores. *An. Inst. Sup. Agron.*, **38**, 167-180. Lisboa.
- Self, S. 1973. *Recent Vulcanism on Terceira, Azores*. PhD Thesis. London, Imperial College.
- Shoji, S., Y. Fugimara, I. Yamada, and M. Saigusa. 1982. Chemistry and clay mineralogy of Ando soils, Brown Forest Soils, and Podzolic soils formed from recent Towada ashes, northeastern Japan. *Soil Sci.*, **133**, 69-86.
- Shoji, S., T. Takahashi, M. Saigusa, I. Yamada and F. C. Ugolini. 1988. Properties of Spodosols and Andisols showing climosequential and biosequential relations in southern Hakkoda, northeastern Japan. *Soil Sci.*, **145**, 135-150.
- Soil Survey Staff. 1975. *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Agric. Handbook 436. USDA-SCS. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

- Soil Survey Staff. 1992. *Keys to Soil Taxonomy*, Sixth Edition, 1994. USDA-SCS. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Wada, K. 1980. Mineralogical characteristics of Andisols. In B. K. G. Thang (ed.) *Soils with variable charge*. N. Z. Soc. Soil Sci., Lower Hutt, pp. 87-107.
- Wada, K. and T. Higashi. 1976. The categories of aluminium and iron-humus complexes in Ando soils determined by selective dissolution. *J. Soil Sci.*, **27**, 357-368.
- Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjaeff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, **37**, 29-38.