

## MANIFESTAÇÕES PERIGLACIARIAS DE ALTITUDE NA ILHA DA MADEIRA

ANTÓNIO DE BRUM FERREIRA

Nas regiões mais elevadas da ilha da Madeira encontram-se vestígios geomorfológicos claros de um clima bastante mais frio que o actual, provavelmente contemporâneo do máximo da glaciação würmiana. Devido à sua localização (fig. 1), em pleno oceano e a uma latitude subtropical, esses testemunhos ganham um interesse evidente nas reconstituições paleoclimáticas do Quaternário recente <sup>(1)</sup>.

No entanto, as condições climáticas vigentes no cimo da ilha da Madeira fazem prever uma influência do gelo, embora atenuada, na evolução actual das vertentes. Por isso, valerá a pena discutir em que medida o frio se faz hoje sentir nessas regiões, para melhor discernir o que, no modelado actual, se deve a climas frios do passado.

---

<sup>(1)</sup> Num artigo dedicado à morfologia da Madeira e Porto Santo, A. WIRTHMANN (1970) refere a existência, nas regiões altas, de «coberturas de solifluxão de épocas glaciárias» sem, contudo, lhes prestar qualquer atenção particular. O que de mais concreto se diz a este respeito no artigo citado resume-se na seguinte frase: «...as vertentes cuja inclinação é apenas de poucos graus, sobre as quais se encontram coberturas detriticas, com componentes muito grosseiros e que nitidamente foram transportados, permitem concluir, sem dúvida alguma, pelo menos para o pico do Areeiro e o planalto do Paul da Serra, que existe um modelado autenticamente de solifluxão» (ob. cit., p. 40).

## I — VESTÍGIOS DE UM MODELADO DE TIPO PERIGLACIÁRIO

As observações foram feitas no Pico do Areeiro, Pico Ruivo e Paul da Serra <sup>(2)</sup>. Vai seguir-se esta ordem na apresentação dos fenómenos observados, os quais apresentam feição diferente em cada um desses lugares.

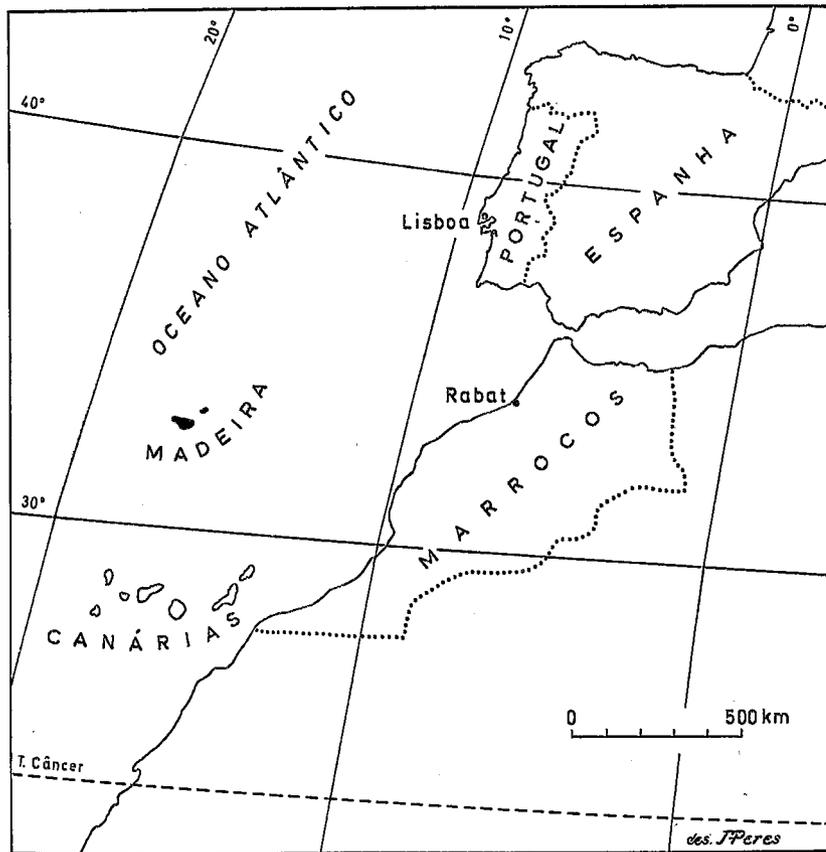


Fig. 1 — Localização da ilha da Madeira.

(<sup>2</sup>) Só esses lugares foram objecto de uma análise relativamente cuidada. As conclusões deste trabalho, nomeadamente os limites altitudinais, de grande interesse, deverão por isso considerar-se preliminares, enquanto não se tiver procedido a um estudo mais pormenorizado e de toda a ilha.

## 1. Pico do Areeiro

a) *Vertentes regularizadas*. — A originalidade da morfogênese periglaciária evidencia-se sobretudo no modelado de pormenor, nomeadamente nas disposições singulares que os materiais adquirem sob a influência do gelo no solo. Por isso, o estudo dos vestígios periglaciários inactuais tem muito mais interesse do ponto de vista da reconstituição paleoclimática do que, propriamente, para a compreensão da evolução geral do relevo. Todavia, a fisionomia de muitas vertentes, mesmo de regiões onde o gelo é hoje praticamente desconhecido, só pode explicar-se pela acção de processos tipicamente periglaciários ou que adquirem maior intensidade nas regiões periglaciárias.

É o que acontece junto do Pico do Areeiro. As vertentes estão perfeitamente regularizadas e cobertas de um manto de escombrelas de gelifracção, que pode atingir vários metros de espessura. Por vezes essas vertentes têm, de alto a baixo, um perfil rectilíneo (est. I-A); outras vezes elas apresentam um perfil composto, com uma cornija mais ou menos alta, acima do talude regular de escombrelas (est. I-B). Estas cornijas têm, no pormenor, um aspecto muito irregular, resultante do fornecimento de blocos e calhaus, por acção do gelo. O mesmo acontece com os afloramentos rochosos que, de vez em quando, sobressaem nos interflúvios, constituindo pináculos residuais de gelifracção (est. II-B). Os detritos grosseiros de gelifracção podem aflorar directamente à superfície (est. III-A), mas por via de regra eles encontram-se recobertos por uma película de material fino que tende, actualmente, a degradar-se (est. III-B e IV-A). Embora o declive das vertentes possa ser bastante acentuado (entre 20 e 26°), este não é suficiente para a deslocação dos detritos por simples acção da gravidade.

b) *Escodas de solifluxão*. — A estrada que liga o sítio do Poiso (cerca de 1400 m de altitude) ao Pico do Areeiro (1806 m) apresenta diversos cortes num depósito grosseiro, heterométrico, constituído por calhaus e blocos, envolvidos numa matriz pouco abundante. Os calhaus e blocos, além de perfeitamente angulosos, são por via de regra achatados e encontram-se frequentes vezes com o eixo maior na vertical

(est. IV-B). Os cortes mais interessantes encontram-se entre o km 5,1 e o km 5,3 a cerca de 1680 m de altitude, onde os taludes da estrada entalham uma vertente regularizada, virada a oeste, que nasce numa cornija constituída por mugearitos<sup>(\*)</sup>. As escoadas de blocos apresentam aqui uma secção que lembra a de uma lente plano-convexa, com a convexidade virada para baixo. Estes depósitos, com matriz negra, contrastam fortemente com os tufos vulcânicos avermelhados que constituem o substrato. Mas, entre a escoada de blocos e os tufos, existe neste local um outro depósito, muito menos grosseiro, constituído por calhaus pequenos envolvidos numa matriz abundante, de cor avermelhada, a qual deve ter sido, em grande parte, alimentada pelos próprios tufos.

A forma dos calhaus e blocos denuncia uma fragmentação pelo gelo. A disposição geral dos materiais sugere um transporte por solifluxão. A matriz negra que envolve os materiais grosseiros é talvez a consequência de um clima húmido, contemporâneo ou anterior à formação das escoadas.

c) *Escombreiras estratificadas, do tipo groize*. — No km 5,1 da estrada do Areeiro, estratigraficamente por baixo das escoadas de solifluxão (est. VI-A), encontra-se um depósito relativamente espesso (3-4 m à vista, não aflorando o substrato), de cor amarelada, constituído por escombreiras de dimensões muito variadas, achatadas e angulosas, devidas indubitavelmente à crioclastia. Embora de dimensões muito diversas, estas escombreiras não têm uma disposição desordenada: há uma disposição em leitos, alternadamente de material fino, consolidado, constituindo pequenas cornijas salientes, e de calhaus mais grosseiros, sendo estes caracteristicamente *open-work*, tal como acontece nas *grèzes* (est. V-A e V-B). Estes leitos não têm, todavia, um desenvolvimento muito regular, surgindo entre eles bolsadas de calhaus mais grosseiros e blocos sem qualquer matriz. A base do corte é constituída por material deste tipo, atingindo mais de 1 m de espessura (est. VI-A); não é possível saber, no entanto,

(\*) Segundo o mapa geológico da ilha da Madeira. Ver G. ZBYSZEWSKI *et al.* (1975).

se constituem uma bolsada mais importante de material grosseiro ou se representam um depósito distinto.

Não se pode confundir estes depósitos com simples escombreiras de gravidade. Os leitos, sensivelmente paralelos à vertente, apresentam uma inclinação de 22°, bastante inferior ao declive de equilíbrio das escombreiras de gravidade. Além disso, ao contrário destas, não se observa qualquer calibragem dos detritos dentro do mesmo leito. Os blocos encontram-se muitas vezes assentes sobre a sua face maior e com uma inclinação semelhante à dos próprios leitos (est. V-A e V-B), revelando um tipo de transporte comparável ao do material menos grosseiro (deslizamento, talvez sobre neve ou gelo intersticial). A existência de leitos finos e grosseiros e a tendência, por vezes, para a concentração de calhaus grandes ou blocos, como acontece na base do corte (est. VI-A), pode significar um ritmo climático, com períodos bastante contrastados.

A influência do gelo na elaboração destes depósitos não se manifesta apenas na intensa fragmentação que deu origem às escombreiras, nem na sua possível contribuição para a estratificação das mesmas. A existência de gelo no solo é sugerida por um sector do corte do km 5,1, onde se distinguem estruturas que parecem devidas à crioturbação (est. VI-B).

d) *Grinaldas de pedras*. — A existência de crioturbação, sugerida pelo corte do km 5,1, fazia prever a possibilidade da ocorrência no Pico do Areeiro de figuras geométricas, tão comuns nas regiões periglaciárias. Não há propriamente solos poligonais ou solos estriados típicos, mas existem figuras geométricas, as quais, embora relativamente frustes, mostram claramente uma tendência para a organização dos materiais à superfície das vertentes. Diga-se desde já que este fenómeno parece ser puramente superficial, não se tendo observado qualquer relação evidente entre as figuras geométricas e a disposição dos depósitos em corte (est. IV-A).

O arranjo dos depósitos superficiais foi observado a sul do v. g. Areeiro (1818 m), em vertentes com orientações diversas, inclinações compreendidas entre 12 e 24° e altitudes superiores a 1650 m. São vertentes regularizadas, onde os depósitos podem atingir, como se disse, vários metros de

espessura. Uma vez essas vertentes nascem em cornijas, que parecem fornecer ainda calhaus por gelifracção, como acontece na cabeceira do vale da ribeira das Lajes, 500 m a SE do v. g. Areeiro (est. I-B e III-B), outras vezes correspondem a antigos valeiros em «U», hoje mordidos pela erosão vertical, como sucede na cabeceira do vale da ribeira do Juncal, algumas centenas de metros mais a sul (est. IV-A). Um ponto comum a estas vertentes é a existência de material fino argilo-limonoso, que envolve superficialmente a acumulação cascalhenta.

As figuras desenhadas pelos calhaus à superfície são muito diversas, mas dominam as formas em crescente (est. VII-A), que se associam, dando origem a grinaldas (est. VII-B). Às vezes formam-se verdadeiros círculos (est. VIII-A), outras vezes há tendência para a formação de figuras circulares subdivididas, amontoados de pedras ou alinhamentos mais ou menos incaracterísticos.

Já foi dito que estas figuras superficiais não parecem ter qualquer ligação estreita com o arranjo dos depósitos em profundidade; mas podem estar de algum modo relacionadas com os deslizamentos que ainda hoje afectam a camada superior de materiais finos, coberta por uma vegetação rasteira. Estes deslizamentos dão origem a uma infinidade de pequenos patamares, separados por degraus que, por via de regra, não ultrapassam 2 ou 3 dm de altura. O fenómeno foi reactivado pela abertura da estrada para o Areeiro (est. IX-A) e também pelos entalhes das ribeiras actuais. A formação dos patamares tende a concentrar os blocos na base dos abruptos. Cicatrizes em forma de crescente, que por vezes se observam, poderiam ter ajudado a formação das grinaldas; mas em muitos casos, em que a convexidade do arco de pedras se encontra voltada para a base da vertente, esta hipótese não é aplicável. Poderia também imaginar-se um fenómeno de abatimento local, devido a um escoamento hipodérmico, provocando o transporte de material fino e, por via disso, ajustamentos entre os calhaus e blocos. Isto não significa, todavia, que se negue a influência do gelo no solo para a elaboração dessas figuras, que designamos globalmente por grinaldas de pedras<sup>(4)</sup>. Aliás, a

(4) Ver, por exemplo, J. TRICART (1967), especialmente p. 212-214.

frequência com que se vêem calhaus dispostos na vertical (est. IX-B) sugere também a existência de um solo gelado<sup>(5)</sup>.

## 2. Pico Ruivo

As manifestações da acção do gelo são aqui muito menos espectaculares e variadas do que no Pico do Areeiro. O facto dominante é a existência de vertentes regularizadas, cobertas por uma película de escombrecas, alimentadas por cornijas que, de quando em vez, formam um ressalto na vertente (est. II-A). Existem também escoadas de solifluxão, com blocos, mas menos espessas que no Areeiro. Um aspecto a reter é que, na subida para o Pico Ruivo (1860 m), ao longo da estrada que parte de Santana, as escoadas de solifluxão, com calhaus e blocos de gelifracção, surgem por volta de 1000-1050 m, isto é, cerca de 400 m mais baixas do que na subida para o Areeiro. Este facto poderá revelar uma dissimetria climática acentuada entre as vertentes norte e sul, contemporânea da formação desses depósitos, semelhante à que se verifica actualmente. Por último, importa referir que, numa pequena área quase plana, a oeste do v. g. Achada do Teixeira, a 1600 m de altitude, foi observado um esboço de círculos de pedra.

Interessaria conhecer as causas desta pobreza relativa das manifestações de tipo periglaciário no maciço do Pico Ruivo. Uma das razões poderá ser de ordem litológica: com efeito, as gelifracções mais espectaculares do Pico do Areeiro verificaram-se em afloramentos de mugearitos. Mas, mais importante do que isso, deverá ser a forte inclinação das vertentes, com declives que atingem por vezes 40° (são muito frequentes os declives entre 33 e 40°), que facilitam o escoamento dos detritos, tanto mais que, em grande parte, essas vertentes altas se encontram desprovidas de vegetação.

## 3. Paul da Serra

O planalto do Paul da Serra constitui a única superfície plana, relativamente extensa, que se encontra na ilha da Madeira. Segundo o mapa geológico (G. ZBYSZEWSKI *et al.*,

(5) Estes calhaus poderiam, eventualmente, corresponder aos «frost-heaved block» dos autores ingleses. Ver WASHBURN (1979), p. 80-91.

1975), este planalto é formado por «lavas basálticas compactas, cinzento-claras, em bancadas pouco inclinadas, separadas por alguns níveis piroclásticos, amarelos ou avermelhados» (*ob. cit.*, p. 18).

Quando se chega ao Paul, pela estrada de Canhas, o que impressiona, para além do carácter plano desses cimos à volta de 1400-1420 m, é o aspecto rugoso do pormenor, parecendo uma superfície salpicada de blocos, com as arestas afeiçãoadas. Acontece, porém, que a maior parte desses aparentes blocos são, na realidade, afloramentos de lava *in situ*. Existe efectivamente uma cobertura detrítica nas áreas ligeiramente deprimidas, mas de material fino, transportado pelo escoamento difuso ou em toalha, dando origem a superfícies perfeitamente lisas. É de notar que este material fino está a ser erodido por uma espécie de *rill wash*, que trabalha lateralmente, tendo como consequência um ligeiro embutimento das superfícies lisas e a exumação, nos lugares mais elevados, de proeminências de lava e também de calhaus e blocos esparsos. Em certos locais verifica-se a tendência para a formação de *thufur*, à custa desses materiais finos (est. X-A), o que poderá constituir uma manifestação atenuada de gelo no solo. Para além de calhaus e blocos esparsos, não existe nestas superfícies planas, a leste da estrada para Estanquinhos, qualquer indício de solifluxão. Num patamar mais elevado, entre 1560 e 1600 m, na base de pequenos cabeços, como em Estanquinhos e Bica da Cana, encontram-se esboços de escoadas de blocos, com matriz fina, fornecida pelos tufos e escórias.

No entanto, existem no Paul da Serra fenómenos de colmatagem bem mais importantes do que os descritos até agora. O que a seguir se descreve foi observado na área compreendida entre a estrada para Estanquinhos e o v. g. Base NW (1455 m), nomeadamente junto das ribeiras do Seixal e do Lajeado.

O aspecto geral desta área é também o de uma superfície plana, por vezes rugosa no pormenor, outras vezes perfeitamente lisa, coberta de materiais finos e vegetação rasteira. Mas neste sector, por baixo dos materiais finos, existe uma ampla e espessa acumulação de calhaus e blocos (est. XI-A e XI-B). Ao longo da ribeira do Lajeado, este material chega a atingir 4 m de espessura, sem que se veja o substrato (est. XII-A). É um depósito bastante heterométrico, com calhaus

de dimensões variadas e blocos que chegam a atingir 1 m de diâmetro, mas onde a matriz fina é muito escassa (est. XII-B). Os calhaus têm um aspecto anguloso e achatado, mas por vezes apresentam as arestas boleadas, o que pode dever-se tanto à meteorização como ao transporte. De notar que a disposição dos elementos grosseiros não é totalmente desordenada: eles assentam muitas vezes segundo a sua maior face, ficando com o eixo maior paralelo ao declive da vertente (est. XII-B). Por cima desta toalha cascalhenta, a cobertura de material fino (areia, silte, argila) atinge 60-70 cm de espessura (est. XI-B); nela são nítidos os sinais de escoamento líquido.

A tendência actual da evolução desta área é marcada pela erosão e não pela acumulação. O escoamento concentrado entalha o manto de cascalheiras (est. XII-A), mas é o material fino que, naturalmente, é mais afectado. A erosão dessa cobertura fina não tem necessariamente uma ligação com o escoamento concentrado: um pouco por todo o lado, vêem-se sulcos mais ou menos alongados, mas sem qualquer continuidade, ou buracos em forma de marmita de gigante (est. X-B), que fazem aflorar a cascalheira subjacente. Não é fácil imaginar como esses buracos se individualizam (talvez por um fenómeno de *suffosion*, ajudado por um escoamento hipodérmico; alguns têm origem antrópica, por desalojamento de blocos). Compreende-se melhor o seu aumento de tamanho, quando sobre eles se escoam uma toalha líquida, que provoca turbilhões locais.

Tanto a cascalheira como o material fino não são depósitos actuais. O fornecimento de uma quantidade enorme de calhaus e blocos pode explicar-se facilmente por um clima mais frio que o actual, em que a gelifracção seria um processo bastante activo. O transporte deste material grosseiro ou se fez sob a forma de solifluxão generalizada, em toalha, facilitada pelo gelo e pela neve, ou então por torrentes, sem leito bem definido, alimentadas por chuvas concentradas e fusão das neves. A cobertura de material fino deve ser o resultado de um clima menos frio e mais húmido, permitindo o desenvolvimento da vegetação e atenuando, ou mesmo anulando, a fragmentação pelo gelo.

## II — OCORRÊNCIA ACTUAL DO GELO NOS LUGARES ALTOS DA MADEIRA

As observações meteorológicas das estações de altitude (Bica da Cana, 1560 m; Areeiro, 1610 m) fazem prever uma ocorrência moderada do gelo nas regiões altas da ilha da Madeira. Utilizando os registos de 20 anos (1951-1970) <sup>(6)</sup>, a temperatura média anual obtida é de 9,4° C no Areeiro e 9,1° C na Bica da Cana. Em ambas, a temperatura média mensal mais baixa observa-se em Fevereiro (5,4° C no Areeiro; 5,2° C na Bica da Cana). Quanto às temperaturas mínimas, a média anual é de 6,4 no Areeiro e de 5,9 na Bica da Cana, registando-se o mínimo mensal também em Fevereiro: 2,8° C no Areeiro e 2,4° C na Bica da Cana. No mesmo período, o número de dias no ano com temperatura mínima inferior a 0° C foi, em média, de 9,2 no Areeiro e 10,3 na Bica da Cana. O máximo anual registado foi de 25 dias no Areeiro (em 1954) e de 33 dias na Bica da Cana (em 1956). Em contrapartida, houve anos em que a temperatura nunca desceu abaixo de 0° C (em 1961, na Bica da Cana; em 1962 e 1963, no Areeiro). As temperaturas negativas, além de pouco frequentes, nunca são muito baixas: em 20 anos, a temperatura mínima absoluta foi de -3,2° C na Bica da Cana e -3,5° C no Areeiro. Por outro lado, os dias em que a temperatura se manteve abaixo de zero foram muito raros.

As temperaturas negativas, em atmosfera livre, são um fenómeno que ocorre apenas nas áreas mais elevadas da ilha da Madeira. Na estação da Encumiada, que funcionou até 1959, a 950 m de altitude, na vertente norte, não se registaram temperaturas negativas, pelo menos no decénio entre 1950 e 1959. No entanto, os fenómenos de gelo no solo devem ser muito mais frequentes do que as temperaturas negativas registadas sob abrigo. S. DAVEAU (1978, p. 65) considera, relativamente a Portugal, que uma temperatura mínima de 5° C, registada sob abrigo, poderá constituir um indicador significativo da ocorrência de temperatura negativa ao nível do solo. Baseando-se nos dados de 1970 <sup>(7)</sup>, S. DAVEAU verificou

<sup>(6)</sup> As observações regulares na Bica da Cana iniciaram-se em Julho de 1950.

<sup>(7)</sup> Ano a partir do qual os anuários climatológicos incluem, para cada estação, o número de dias com temperatura mínima inferior a 5° C.

que, nas estações meteorológicas do Continente, o número de dias com temperatura mínima inferior a 5° C é por vezes superior ao dobro do número de dias com temperatura mínima negativa. No caso das estações de altitude da ilha da Madeira, esta relação é muitíssimo mais elevada (quadro I): o número de dias com temperatura mínima inferior a 5° C foi, em 1970 e 1971 <sup>(8)</sup>, dez vezes superior ao da ocorrência da temperatura mínima abaixo de zero. Este resultado era de prever,

## QUADRO I

Número anual de dias com temperatura mínima inferior a 0° C e a 5° C

	1970		1971		Média	
	0° C	5° C	0° C	5° C	0° C	5° C
Areeiro (1610 m) .....	18	168	16	191	17	180
Bica da Cana (1560 m) .....	15	174	24	203	19,5	189
Queimadas (860 m) .....	0	27	0	40	0	33,5
Camacha (680 m) .....	0	6	0	10	0	8
Santo da Serra (660 m) .....	0	12	0	9	0	10,5
Porto Moniz (673 m) .....	0	0	0	0	0	0

uma vez que no Areeiro e na Bica da Cana as temperaturas mínimas médias anuais são ligeiramente superiores a 5° C. Utilizando essa proporção, e não o número real de dias observado em 1970 e 1971, que parece claramente superior à média, obtém-se, para estas duas estações, cerca de uma centena de dias no ano em que, em princípio, é possível a ocorrência de temperatura negativa ao nível do solo. Em 1970 e 1971, esse número teria sido aproximadamente de 33 para Queimadas (860 m), 10 para Santo da Serra (660 m) e 8 para Camacha (680 m). Porto Moniz, a 673 m, na extremidade NW da ilha, não registou, nesses dois anos, nenhum dia com temperatura mínima inferior a 5° C. Pode considerar-se que as possibilidades actuais de ocorrência de gelo à superfície do solo, na ilha da Madeira, verificam-se a partir de 650-700 m de altitude.

<sup>(8)</sup> Únicos anos para os quais há, neste momento, informação disponível.

Evidentemente, estes valores devem ser tomados apenas como uma ordem de grandeza: eles baseiam-se só em dois anos de observações; não existe qualquer análise específica nas terras altas madeirenses que permita concluir sobre as relações entre a temperatura sob abrigo e à superfície do solo; além disso, a ocorrência do gelo depende ainda da existência de água no solo e da eventual protecção térmica exercida pela neve e pela vegetação. Quanto à água no solo, ela é geralmente suficiente nos meses de Inverno: nas estações de altitude superior a 650-700 m, o solo encontra-se em regra plenamente abastecido, pelo menos de Novembro a Abril<sup>(9)</sup>. Quanto à neve, ela adquire algum significado nas altitudes superiores a 1400 m (11,1 dias de neve, em média, por ano, no Areeiro e 11,4 na Bica da Cana), mas raramente ela cobre o solo durante vários dias seguidos<sup>(10)</sup>. O maior obstáculo à acção do gelo no solo é, afinal, a cobertura vegetal, que só não existe nas vertentes muito declivosas, nomeadamente nas cornijas, aliás frequentes nas regiões mais elevadas.

### III — SIGNIFICADO DOS VESTÍGIOS PERIGLACIÁRIOS DA ILHA DA MADEIRA

M. BROCHU (1969) escreveu um artigo em que defende a existência de um andar periglaciário actual na ilha do Pico, acima de 1800 m de altitude. Esta ideia foi-lhe sugerida, como o autor reconhece, por um simples facto de observação: a existência de neve nos cimos daquela ilha açoriana, em 26 de Fevereiro de 1968. E explica: «Actualmente, a existência de zonas periglaciárias é relativamente fácil de precisar, uma vez que, independentemente da observação e mesmo da existência efectiva de fenómenos periglaciários (*sic*), basta o registo das temperaturas ou da observação de um facto climatologicamente simples, como a presença de neve (é o caso de numerosos cimos, desprovidos de estação meteorológica), para constituir um indício determinante da existência de uma zona periglaciária...» (*ob. cit.*, p. 115). Para M. BROCHU, a ocor-

(9) Ver M. MACHADO (1970).

(10) Constituem excepção os meses de Fevereiro de 1954 (16 dias no Areeiro e 10 na Bica da Cana) e Março de 1968 (10 dias no Areeiro e 5 na Bica da Cana), no período de 1951-1970.

rência anual de uma dezena de alternâncias da temperatura em torno de zero graus é suficiente para caracterizar como periglaciária uma determinada região.

Segundo este critério, corroborado, aliás, pela ocorrência de neve, as terras altas da Madeira, acima dos 1500 m, pertenceriam ao domínio periglaciário actual. Se esta afirmação é, evidentemente, inaceitável<sup>(11)</sup>, não há dúvida que a análise das temperaturas mínimas sugere uma certa influência do gelo na evolução geomorfológica actual nas áreas de maior altitude da ilha. Esta ideia é comprovada por factos de observação: em Julho de 1981 podia ver-se, em aterros recentes da estrada do Areeiro, numa vertente virada a SE, por volta de 1700 m de altitude, verdadeiros hexágonos de pedra (est. VIII-B), formados por entumescimento do material fino que hoje ocupa a parte central das figuras; os hexágonos não são muito grandes (atingem, no entanto, cerca de 1 m de diâmetro), mas o tempo necessário para a sua formação foi muito curto. Os afloramentos rochosos mais altos do Pico do Areeiro e do Pico Ruivo parecem fornecer ainda hoje crioclastos, que se espalham na base das cornijas e dos

(11) Segundo A. L. WASHBURN (1979, p. 122), com base em investigações de diversos autores, o limite inferior do domínio periglaciário actual encontra-se a 1700-2400 m nos Alpes, 1750-2450 m nos Pirenéus e 2000-2200 m nas montanhas espanholas. É possível que os limites sejam mais baixos nas regiões próximas do oceano: S. DAVEAU (1978, p. 71) descreve manifestações periglaciárias atenuadas a partir de 1750 m na Serra da Estrela e refere que, segundo SCHMITZ, nas montanhas da Galiza e de Leão, os processos periglaciários activos encontram-se a partir de 1650-1700 m de altitude. G. COUDÉ-GAUSSSEN (1981, p. 143), em conformidade com esta opinião, considera muito modesto o papel actual do gelo na evolução das vertentes do Minho, as quais não ultrapassam 1500 m de altitude. Por sua vez, R. RAYNAL (1977, p. 283) afirma que, no Médio Atlas marroquino, à mesma latitude da Madeira, os fenómenos crionivais actuais começam a fazer-se sentir, embora de maneira atenuada, a partir de 1800 m. É de salientar que, nessa montanha, os depósitos de tipo *grèze* e as escoadas de blocos, herdadas do Quaternário recente, observam-se a partir de 1400-1500 m, tal como acontece no Pico do Areeiro (R. RAYNAL, 1973, p. 254 e informação pessoal). Segundo P. HÖLLERMANN (1978) e A. MORALES GIL *et al.* (1978), ocorrem actualmente fenómenos periglaciários na ilha de Tenerife (28° 15' lat. N) acima de 2000-2100 m de altitude.

pináculos: observam-se lascas, resultantes da gelifracção, de aspecto muito fresco e não tendo sofrido qualquer transporte apreciável. A própria formação dos *thufur* no Paul da Serra e a evolução actual das grinaldas de pedra no Pico do Areeiro <sup>(12)</sup> poderão, em certa medida, constituir também indícios da acção do gelo no solo.

Mas os mais importantes vestígios periglaciários da ilha da Madeira — vertentes regularizadas, escombrelas estratificadas com indícios prováveis de crioturbação, escoadas grosseiras de solifluxão, espessas acumulações de blocos e calhaus de gelifracção em superfícies quase planas — são, manifestamente, fenómenos herdados. Ainda assim, estes testemunhos revelam condições periglaciárias atenuadas, exigindo apenas uma gelifracção activa e, eventualmente, um solo gelado na estação fria.

Recentemente, A. L. WASHBURN (1979, p. 313-320) fez uma estimativa do aumento mínimo da temperatura média anual, em diversos lugares da Europa, desde a última glaciação, a partir dos fenómenos periglaciários würmianos. Este aumento teria sido geralmente superior a 10° C e, no caso específico da Península Ibérica, com base no limite inferior presumível da gelifluxão, situar-se-ia em 8-10° C (K.U. BROSCHE, 1978). O limite das neves perpétuas na Serra da Estrela, durante a glaciação desta montanha, situava-se, segundo S. DAVEAU (1971), a 1650 m de altitude, o que permite deduzir, para essa área, um aumento de temperatura da mesma ordem.

Na hipótese de uma descida geral de 8° C na temperatura da ilha da Madeira, durante o Würm, a temperatura média anual seria de 1° C, aproximadamente, tanto no Areeiro como na Bica da Cana, com seis meses consecutivos (de Novembro a Abril) em que a temperatura média mensal seria inferior a 0° C. Isto significaria condições climáticas semelhantes às da variedade de montanha do domínio périglaciário <sup>(13)</sup>, onde é possível a formação de um solo gelado estacional.

<sup>(12)</sup> Segundo J. TRICART (1967, p. 212-213), os *pipkrakes*, ou seja, as agulhas de gelo de exsudação, são determinantes na elaboração dessas formas.

<sup>(13)</sup> Ver J. TRICART, 1967, p. 57.

É interessante notar que as reconstituições da temperatura das águas superficiais oceânicas, cerca de 18 000 anos B. P. <sup>(14)</sup>, sugerem temperaturas também 8 a 10° C abaixo das actuais, ao largo da Galiza. Todavia, um dos aspectos mais salientes da distribuição das temperaturas no Atlântico Norte, durante o Würm recente, é a existência de um fortíssimo gradiente à latitude da Península Ibérica, de tal modo que, na área da Madeira, as temperaturas das águas oceânicas superficiais seriam apenas 2° C mais baixas do que actualmente. Será que a temperatura da baixa troposfera apresentava também um tão forte gradiente? Se pensarmos num abaixamento geral da temperatura de 2° C na Madeira, supondo a manutenção do regime térmico actual, as temperaturas mínimas médias seriam, no Areeiro e na Bica da Cana, inferiores a 2° C durante cinco meses no ano (Dezembro a Abril), sendo mesmo vizinhas de zero no mês mais frio. Estas condições são já favoráveis a uma importante gelifracção, em rochas sensíveis à fragmentação pelo gelo como são os basaltos, sobretudo nas vertentes abruptas, não protegidas pela vegetação e pela neve. As precipitações sólidas, sob a forma de neve, também seriam abundantes na estação fria, tanto mais que a trajectória habitual da frente polar passaria a latitudes mais baixas que actualmente, tendo como consequência um aumento da actividade ciclónica na ilha da Madeira. Não é impossível que estas condições climáticas moderadas <sup>(15)</sup> possam explicar o modelado de origem crionival dos cimos da ilha. Mas parece mais provável uma ambiência climática mais rude, de frio mais intenso, atendendo à importância da macrogelifracção e das escoadas grosseiras de solifluxão, que desceram até altitudes pouco superiores a mil metros.

#### BIBLIOGRAFIA

BROCHU, M. (1969) — «Existence d'une zone périglaciaire dans la région sommitale du Pic (o Pico) dans l'île du Pic aux Açores», *Zeitschrift für Geomorphologie*, Berlin, b. 13, n.º 1, p. 115-118.

<sup>(14)</sup> Ver, entre outros, McINTYRE (1973), CLIMAP Project Members (1976), W. L. GATES (1976), P. ROGNON (1976).

<sup>(15)</sup> Talvez semelhantes às que se verificam hoje nas montanhas setentrionais irlandesas. Ver A. REFFAY (1972).

- BROSCHÉ, K. U. (1978) — «Der Vorzeitliche Periglaziale Formenschatz auf der Iberischen Halbinsel. Möglichkeiten zu einer Klimatischen Auswertung», *Colloque sur le périglaciaire d'altitude du domaine méditerranéen et abords*, Association Géographique d'Alsace, Strasbourg, p. 187-198.
- CLIMAP Project Members (1976) — «The surface of the ice-age earth», *Science*, vol. 191, p. 1131-1137.
- COUDÉ-GAUSSÉN, G. (1981) — *Les Serras da Peneda et do Gerês. Étude Géomorphologique*. Memórias do Centro de Estudos Geográficos. N.º 5, Lisboa, 254 p.
- DAVEAU, S. (1971) — «La glaciation de la Serra da Estrela». *Finisterra*, Lisboa, vol. VI, p. 5-40.
- (1978) — «Le périglaciaire d'altitude au Portugal», *Colloque sur le périglaciaire d'altitude du domaine méditerranéen et abords*, Association Géographique d'Alsace, Strasbourg, p. 63-78.
- GATES, W. L. (1976) — «Modelling the ice-age climate», *Science*, vol. 191, p. 1138-1144.
- HÖLLERMANN, P. (1978) — «Soil movements in the subtropical mountain environment of high Tenerife (Canary islands)», *Colloque sur le périglaciaire d'altitude du domaine méditerranéen et abords*, Association Géographique d'Alsace, Strasbourg, p. 91-112.
- MACHADO, M. (1970) — *Balanço hídrico e clima da ilha da Madeira*. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa, 39 p.
- McINTYRE, A. (1973) — «The Climap 17,000 YRS. B. P. North Atlantic Map», *Abstracts of the International Climap Conference*, Norwich, Pub. n.º 2, p. 41-47.
- MORALES GIL, A.; QUIRANTES GONZALEZ, F.; MARTIN GALAN, F. (1978) — «Formas periglaciales en Las Cañadas del Teide (Tenerife)», *Colloque sur le périglaciaire d'altitude du domaine méditerranéen et abords*, Association Géographique d'Alsace, Strasbourg, p. 79-90.
- RAYNAL, R. (1960) — «Les éboulis ordonnés au Maroc». *Biuletyn Peryglacjalny*, Lodz, n.º 8, p. 21-30.
- (1973) — «Quelques vues d'ensemble à propos du périglaciaire pléistocène des régions riveraines de la Méditerranée occidentale». *Biuletyn Peryglacjalny*, Lodz, n.º 22, p. 249-256.
- (1977) — «Étagement comparé en altitude des processus périglaciaires actuels dans les hauts massifs du Maroc et d'Iran». *Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl.*, F. 3, Nr. 31, p. 275-289.
- REFFAY, A. (1972) — *Les Montagnes de l'Irlande Septentrionale. Contribution à la Géographie Physique de la Montagne Atlantique*. Grenoble, 614 p.
- ROGNON, P. (1976) — «Essai d'interprétation des variations climatiques au Sahara depuis 40000 ans». *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, Paris, vol. XVIII, fasc. 2-3, p. 251-282.
- TRICART, J. (1967) — *Le Modelé des Régions Périglaciaires*. SEDES, Paris, 512 p.
- WASHBURN, A. L. (1979) — *Geocryology. A survey of periglacial processes and environments*. E. Arnold, London, 406 p.

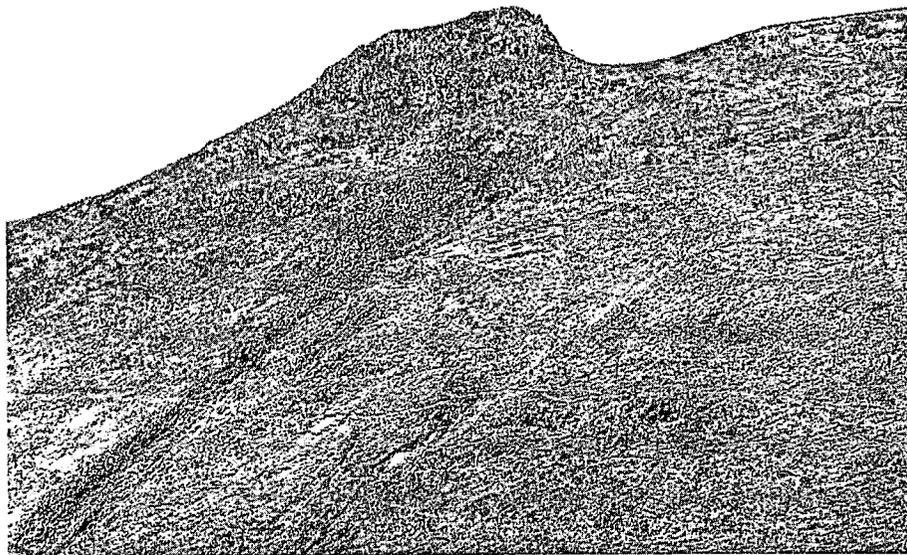
- WIRTHMANN, A. (1970) — «Zur Klimageomorphologie von Madeira und anderen Atlantikinseln», *Karlsruher Geographische Hefte*, Karlsruhe, Heft 2, 56 p.
- ZBYSZEWSKI, G. et al. (1975) — *Carta Geológica de Portugal. Notícia Explicativa das Folhas «A» e «B» da Ilha da Madeira*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, 53 p.
- Anuário Climatológico de Portugal* (Observações de superfície). Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa.

## RÉSUMÉ

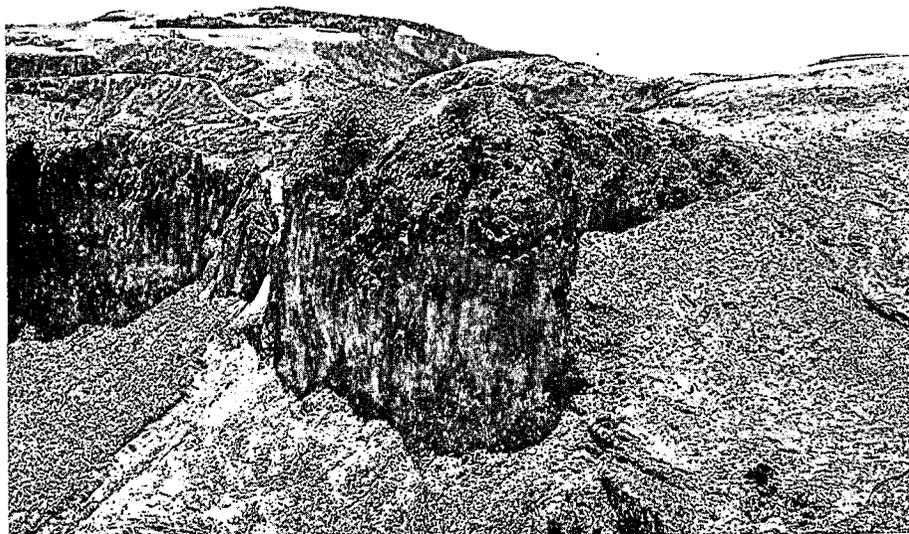
*Manifestations périglaciaires d'altitude dans l'île Madère.* Il existe dans l'île Madère (vers 32° 45' lat. N), surtout à partir de 1400 m d'altitude, des formes et formations d'origine cryo-nivale (versants réglés couverts d'éboulis de gélifraction, éboulis ordonnés avec des indices probables de cryoturbation, coulées de blocs, guirlandes de pierres, nappes caillouteuses remplissant des vallons). Ces vestiges d'un modelé de type périglaciaire très atténué, probablement contemporains du maximum de la glaciation würmienne, semblent témoigner d'un climat peut-être plus froid que ne le feraient penser les reconstitutions de la température des eaux superficielles océaniques dans cette région, vers 18 000 B. P.

## SUMMARY

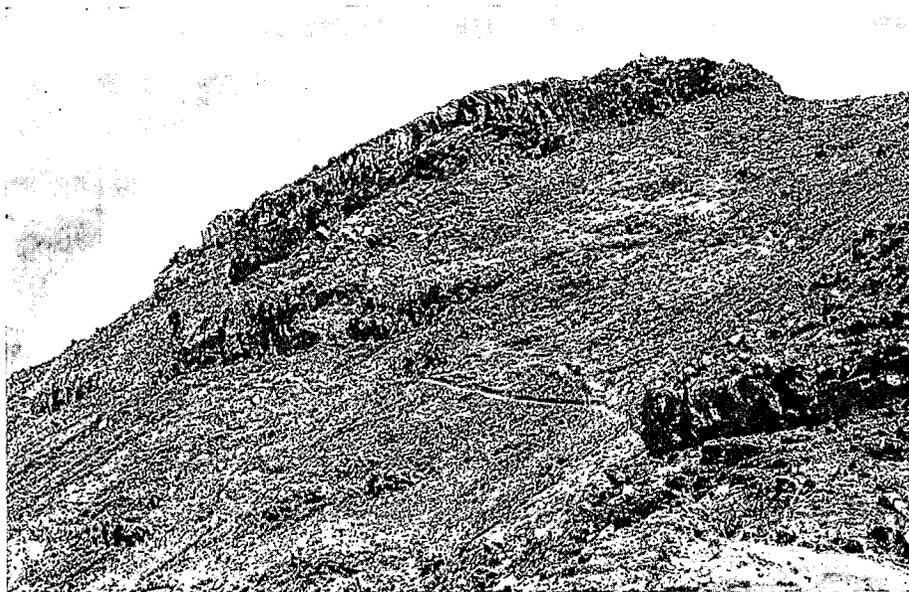
*Periglacial features on Madeira Island.* In the highest areas of Madeira Island (32° 45' lat. N), mainly in those higher than 1400 m altitude, some former periglacial features can be observed, such as Richter denudation slopes with frost shattering scree, stratified scree, involutions probably produced by frost action, solifluction slopes with blocks, sometimes of a sorted stone stripe type. These occurrences are probably contemporary of the Last Glaciation Maximum. They may reveal a greater decrease of atmospheric temperature than that assumed by the Climap project members for the sea surface temperature at 18,000 years BP, in this region.



EST. I, A — Pico do Areiro: vertente regularizada, coberta de um manto de escombreyras de gelifracção.



EST. I, B — Pico do Areiro: vertente compósita, com cornija e talude de escombreyras.



EST. II, A — Pico Ruivo: vertente regularizada, com cornija.



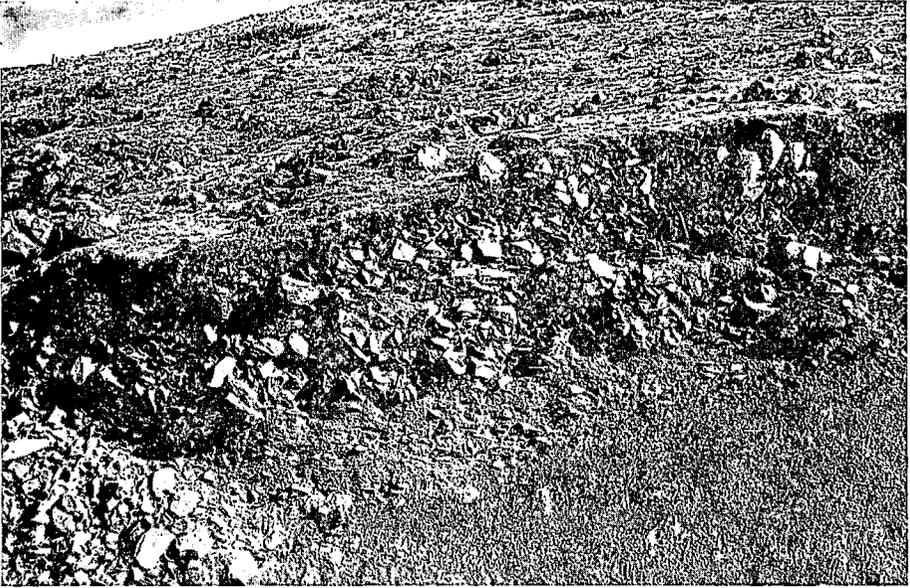
EST. II, B — Pico do Areeiro: pináculo residual de gelfracção.



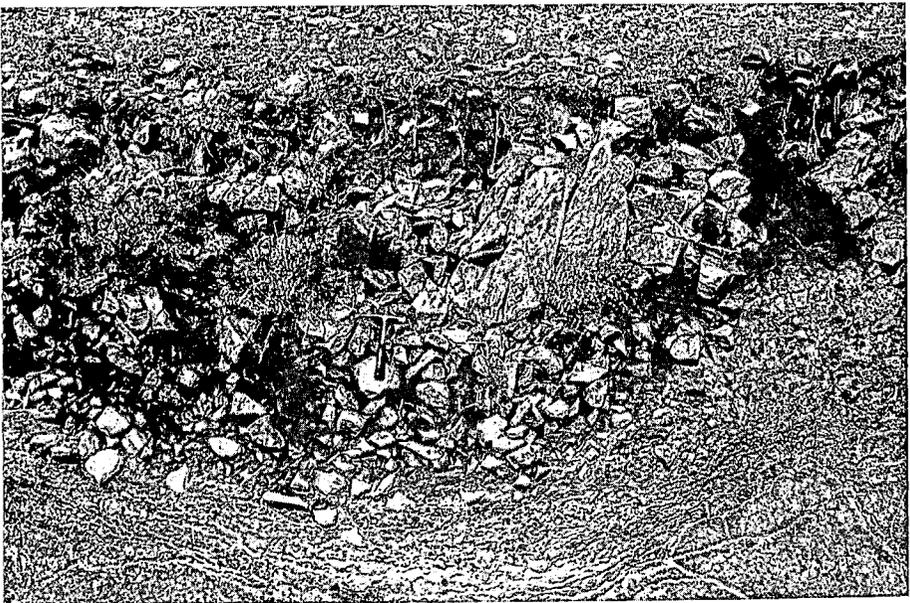
EST. III, A — Pico do Areeiro: talude de escombreiras de gelifracção.



EST. III, B — Pico do Areeiro: talude de escombreiras de gelifracção, cobertas por uma película de material fino.



EST. IV, A — Pico do Areeiro: espessa acumulação de crioclastos na cabeceira da ribeira do Juncal.



EST. IV, B — Pico do Areeiro: escoada de solifluxão.



EST. V, A — Pico do Areeiro: escombeiras estratificadas, em lavas mugearíticas (o objecto branco que serve de escala nesta e noutras fotografias tem, aproximadamente,  $12 \times 15$  cm).



EST. V, B — Pico do Areeiro: idem, pormenor.



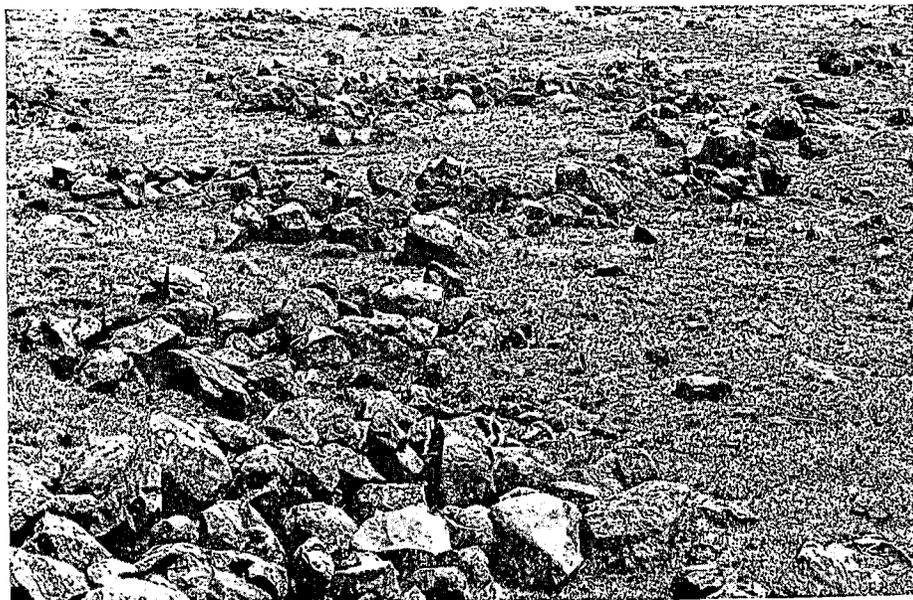
EST. VI, A — Pico do Areeiro: escoada de solifluxão sobre as escombreyras estratificadas.



EST. VI, B — Pico do Areeiro: involuções devidas à crioturbação (?), afectando as escombreyras.



EST. VII, A — Pico do Areeiro: disposição superficial em crescente das escombeiras de gelifracção.



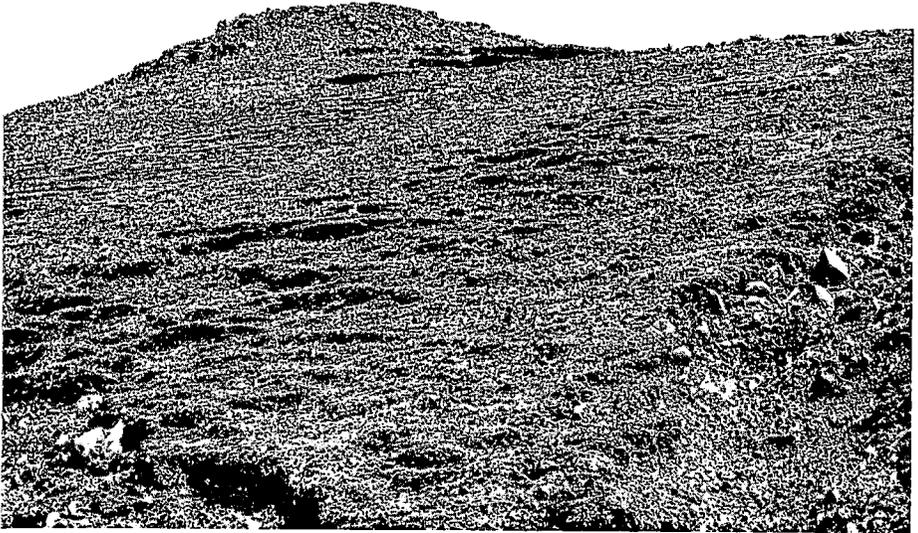
EST. VII, B — Pico do Areeiro: grinaldas de pedras.



EST. VIII, A — Pico do Areeiro: círculo de pedras.



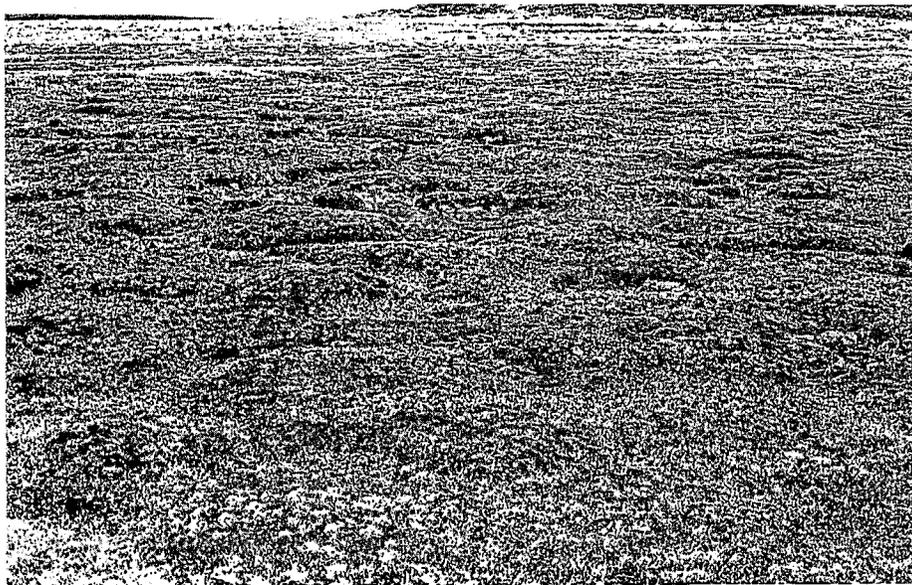
EST. VIII, B — Pico do Areeiro: hexágonos de pedras constituídos sobre o aterro da estrada do Areeiro, a 1700 m de altitude (fotografado em 22-7-81).



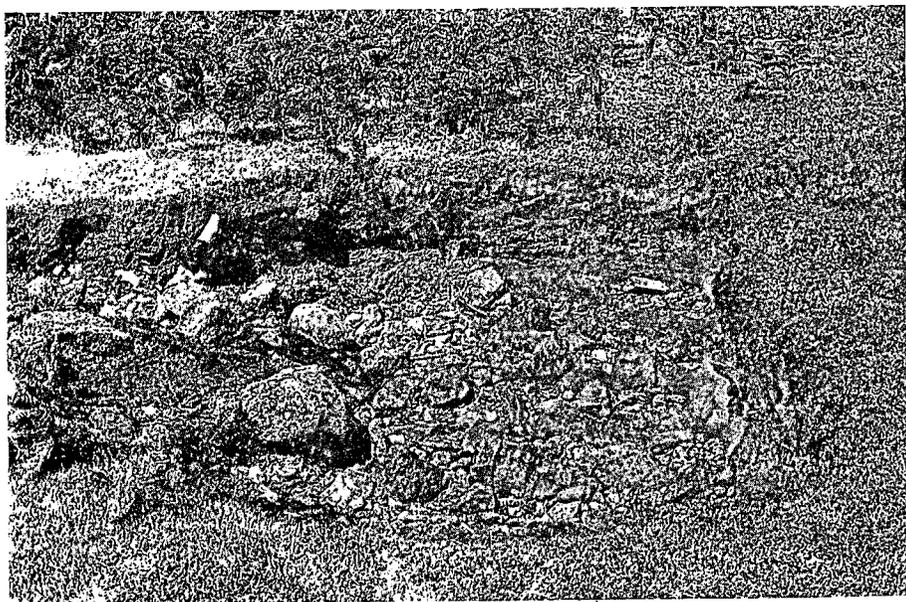
EST. IX, A -- Pico do Areeiro: deslizamentos afectando as escombreiras das vertentes regularizadas; estes deslizamentos foram reactivados pela abertura da estrada do Areeiro.



EST. IX, B — Pico do Areeiro: idem, pormenor; reparar na existência de calhaus dispostos na vertical.



EST. X, A — Paul da Serra: esboços de *thufur*.



EST. X, B — Paul da Serra: buraco em forma de marmitta de gigante, entalhando o material fino que recobre as acumulações cascalhentas.



EST. XI, A — Paul da Serra: espessa acumulação de blocos e calhaus de gelifracção, recobertos por material fino.



EST. XI, B — Paul da Serra: idem, pormenor.



EST. XII, A — Paul da Serra: acumulação cascalhenta, entalhada pela ribeira do Lajeado.



EST. XII, B — Paul da Serra: idem, pormenor do depósito.