

## DEPÓSITOS E EVOLUÇÃO QUATERNÁRIA DAS VERTENTES NAS DEPRESSÕES DE MINDE E DE ALVADOS

MACIÇO CALCÁRIO ESTREMENHO, PORTUGAL (\*)

MARIA LUISA ESTÊVÃO RODRIGUES

### INTRODUÇÃO

As depressões de Minde e Alvados (fig. 1), localizadas no mais importante conjunto calcário português — o Maciço Calcário Estremenho — possuem uma clara origem tectónica: são fossos tectónicos dissimétricos alongados na direcção NW-SE, seguindo as orientações dominantes da fracturação transversal ao Maciço. A dissimetria destas depressões tectónicas é bem visível nas figuras 1 e 3, uma vez que o levantamento do bordo SW e o abatimento do bordo NE deu lugar às imponentes escarpas de falha das Costas de Minde e Alvados, com desníveis que actualmente atingem 350 m, em contraste com os insignificantes desníveis patentes nas vertentes opostas.

Um problema que se tentou discutir noutros trabalhos (RODRIGUES, 1988; FERREIRA *et al.*, 1988; RODRIGUES, 1989) prende-se com o papel activo ou passivo da tectónica na criação dos desníveis actualmente coincidentes com acidentes tectónicos, bem como do peso a atribuir ao posterior rebaixamento erosivo.

Quanto ao primeiro aspecto, o levantamento geomorfológico de pormenor das depressões e áreas envolventes parece

---

(\*) Este artigo retoma assuntos desenvolvidos em M. L. RODRIGUES, *As depressões de Minde e de Alvados. Depósitos e evolução quaternária das vertentes*, Dissertação de Mestrado em Geografia Física e Regional, apresentada à Faculdade de Letras de Lisboa em 1988.

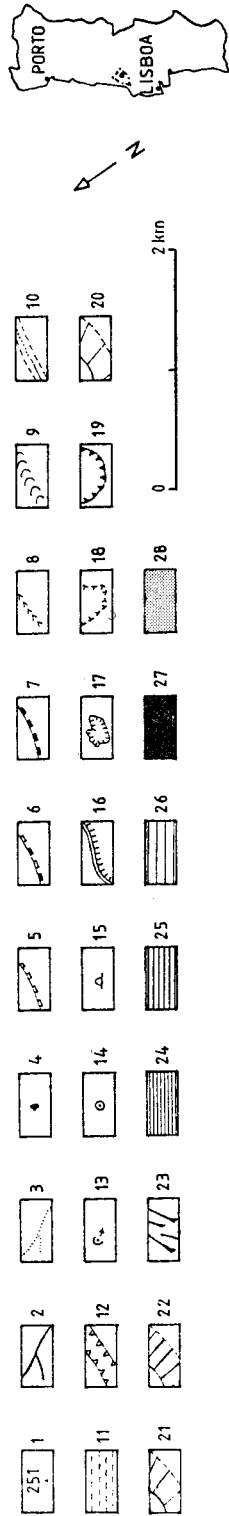
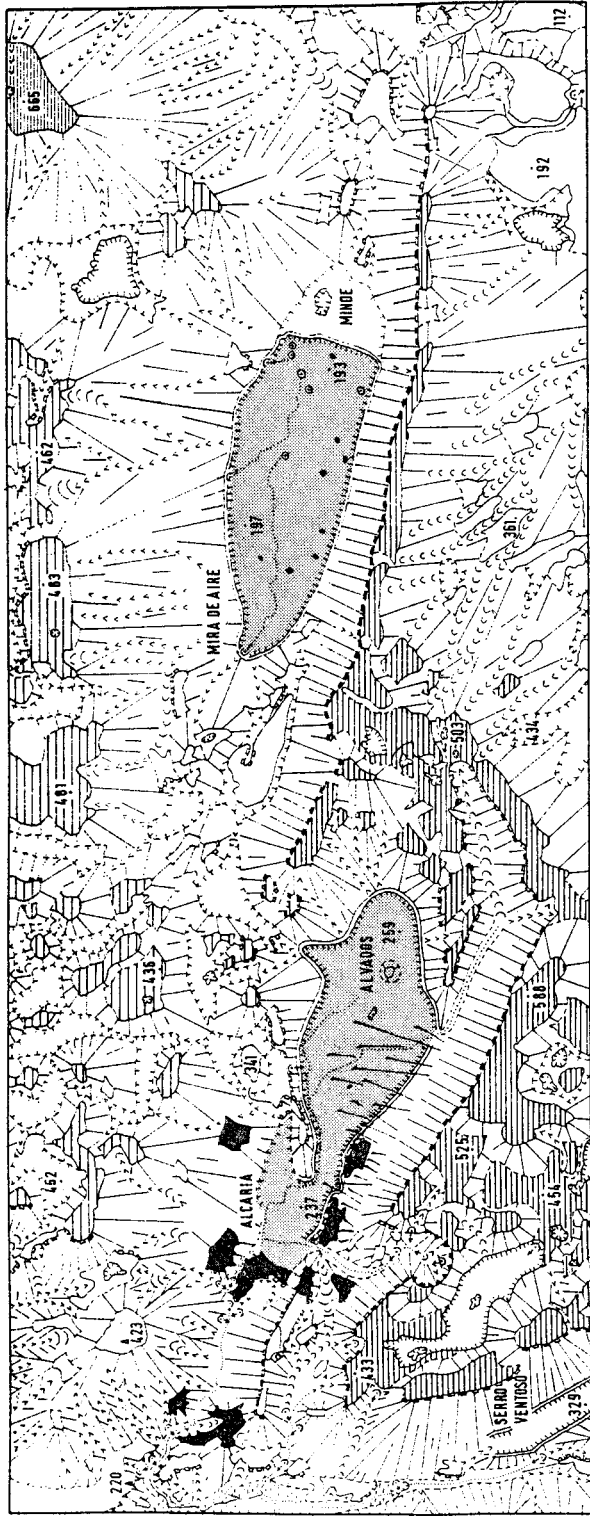


Fig. 1 — Mapa morfológico das depressões de Minde e de Alvaões. 1 — Altitude (em metros); 2 — Curso de água perene; 3 — Curso de água temporário; 4 — Lagoa permanente; 5 — Escarpa de falha ou de linha de falha, inferior a 100 m; 6 — Idem, 100-200 m; 7 — Idem, superior a 200 m; 8 — Valeiro seco em «V»; 9 — Valeiro seco em «U»; 10 — Vale de fundo plano; 11 — Planície aluvial; 12 — Garganta; 13 — Exsurgência; 14 — *Ponor*; 15 — Entrada de gruta; 16 — Limite das depressões de Alvaões e Mendiga e do *polje* de Minde; 17 — Depressão cársica fechada; 18 — Forma cársica ou fluvio-cársica de contorno impreciso; 19 — Fórnia; 20 — Declive inferior a 15°; 21 — Idem, 15-25°; 22 — Idem, superior a 25°; 23 — *Glacis*; 24 — Nível de erosão do planalto de Aire; 25 — Níveis de erosão do planalto de Santo António; 26 — Níveis de erosão do planalto de S. Mamede; 27 — Níveis de erosão que dominam directamente o fundo da depressão de Alvaões; 28 — Fundo da depressão de Alvaões e do *polje* de Minde.

apontar para uma reduzida influência da tectónica recente, principalmente no que se refere à depressão aberta de Alvados.

Por outro lado, a depressão de Alvados não só não apresenta vestígios que levem a supôr o seu funcionamento enquanto *polje* (contrariamente ao admitido em particular por MARTINS, 1949 e 1950), como a presença de retalhos de quatro pequenos níveis de aplanamento mostram que foi largamente aberta mesmo antes da última vaga de erosão regressiva (fig. 2). Assim, para além de um levantamento de conjunto deste sector ocidental do Maciço, eventualmente ao longo da área de fraqueza constituída pelos alinhamentos diapíricos (Rio Maior-Serro Ventoso-Batalha), os principais acidentes responsáveis pelas linhas gerais da morfologia da depressão de Alvados não parecem ter rejogado significativamente depois do Pliocénico.

No que respeita à depressão de Minde, embora a Costa de Minde apresente uma notória frescura, com o seu traçado rectilíneo e concordante com a linha de falha (fig. 3), denotando um menor recuo erosivo em comparação com a Costa de Alvados (fig. 3), é difícil não admitir uma certa contemporaneidade dos acidentes. Esta diferença parece então estar subordinada a dois contrastes maiores entre as duas depressões: em Minde estamos perante uma depressão fechada pelos movimentos tectónicos que a originaram, contrariamente ao que aconteceu em Alvados (fig. 1); os processos de erosão foram muito mais acusados nesta última depressão, a julgar pelos abundantes testemunhos conservados nos seus limites em oposição com a exiguidade dos depósitos presentes em Minde.

O funcionamento do *polje* de Minde, ocupando a maior parte dos limites da depressão (fig. 1), confere à dissolução um papel activo (praticamente inexistente em Alvados), embora o rebaixamento por corrosão do fundo do *polje* seja diminuto quando comparado com a importância das deslocações tectónicas.

Pese embora o interesse da evolução morfoestrutural das depressões de Minde e Alvados (RODRIGUES, 1988 e 1989), na presente comunicação vamos discutir a tipologia e significado morfoclimático dos depósitos presentes nas depressões e, depois, apresentar uma primeira sistematização das principais etapas da evolução quaternária de Minde e Alvados.

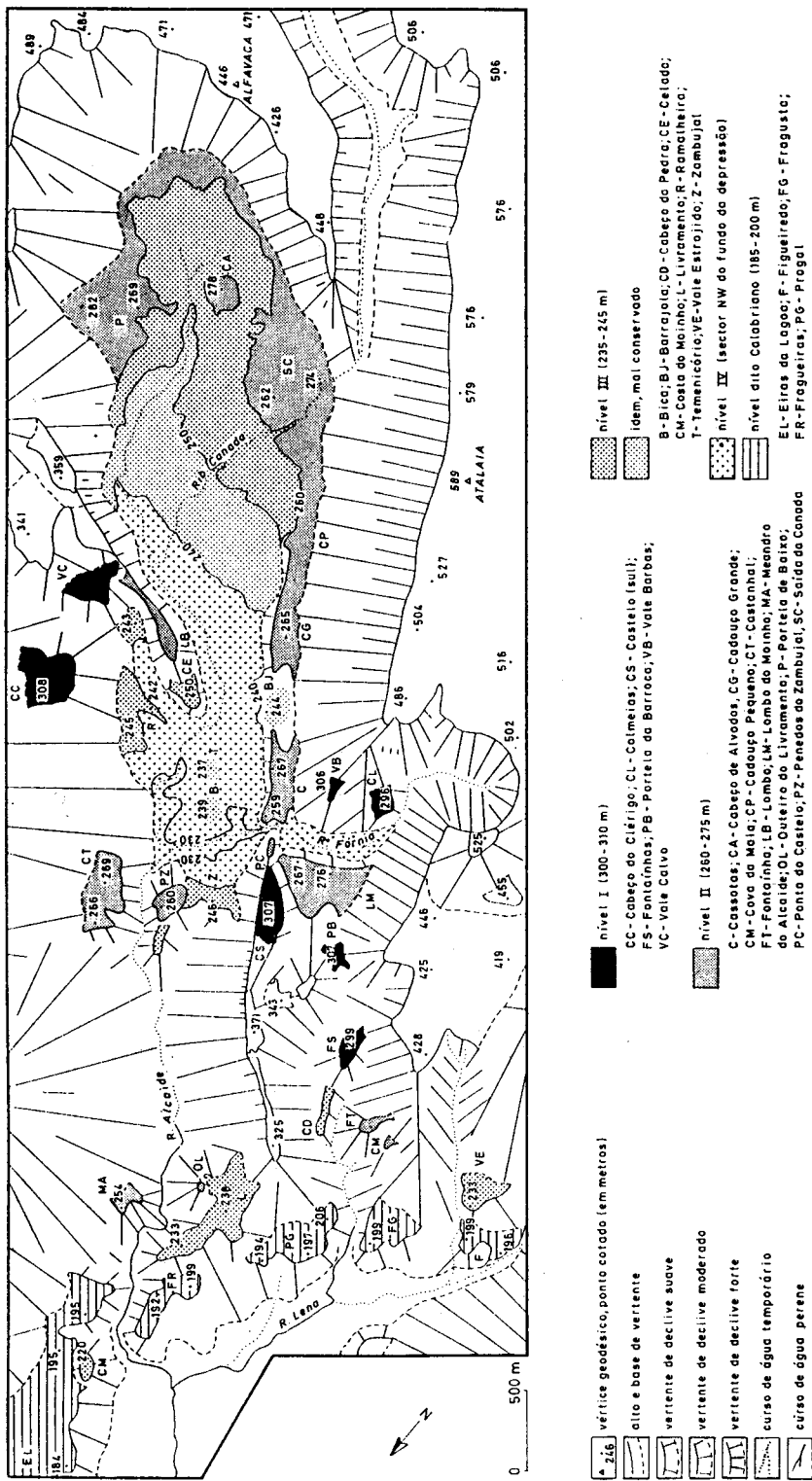


Fig. 2 — *Esboço morfológico simplificado da depressão de Alvodas e sector a jusante (face à escala de reprodução, alguns rebordos entre os níveis não foram representados).*

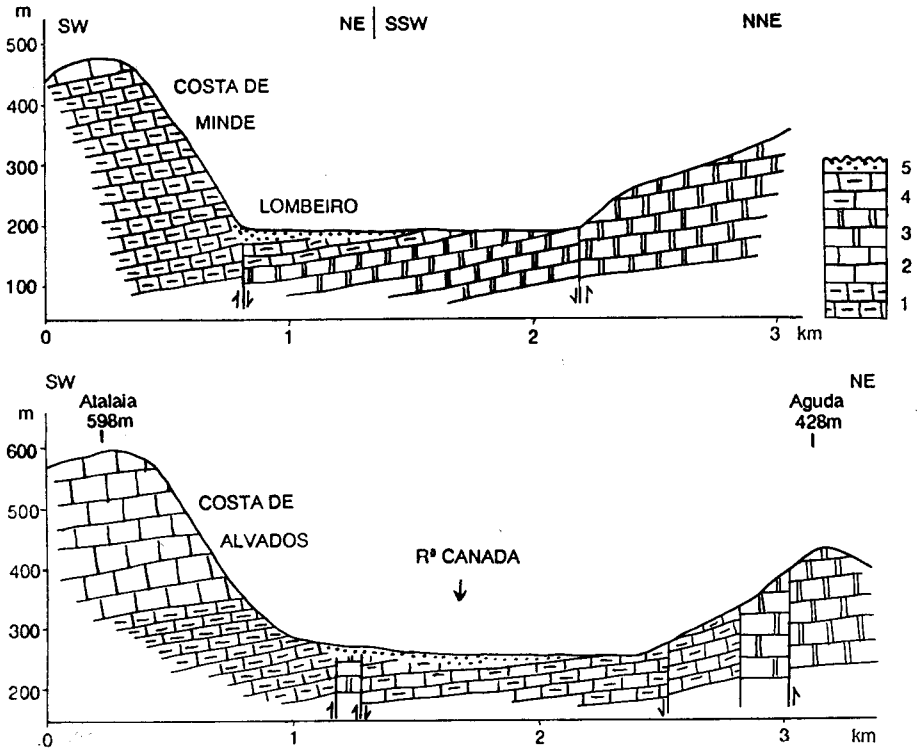


Fig. 3 — Cortes geológicos das depressões de Minde e de Alvados.  
 1 — Toarciano e Aaleniano; 2 — Bajociano; 3 — Batoniano;  
 4 — Oxfordiano; 5 — Cobertura detritica.

#### A DEPRESSÃO DE MINDE

Quando se fala dos depósitos existentes na depressão de Minde imediatamente ocorre a todos quantos lá se deslocaram a *pincha* de Minde e os seus calhaus rolados de calcário. No entanto, esta não é o único depósito situado na depressão, pelo que serão sucessivamente referidas as *grèzes* do Alto do Lombeiro e da exurgência do Poio, as formações existentes na povoação de Minde (*pincha* e formação vermelha) e a formação aluvial do fundo do *polje* (fig. 4).

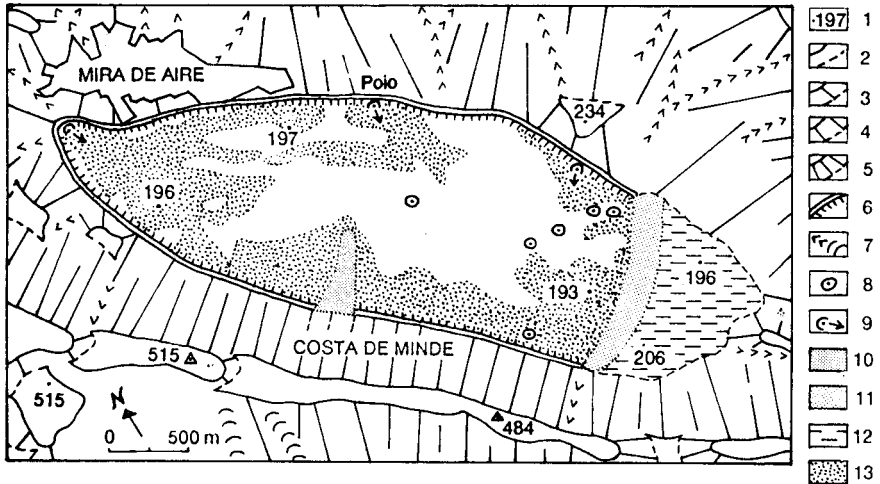


Fig. 4 — *Localização dos depósitos existentes na depressão de Minde.*  
 1 — Ponto cotado (em metros); 2 — Alto e base de vertente; 3 — Vertente de declive fraco; 4 — Vertente de declive moderado; 5 — Vertente de declive forte; 6 — Limite de *polje*; 7 — Valeiros secos em «V» e «U»; 8 — Principais *ponors*; 9 — Exsurgências; 10 — *Grèze* do Alto do Lombeiro; 11 — Pincha; 12 — Formação vermelha; 13 — Cobertura aluvial do fundo do *polje*.

### *Descrição das formações*

A primeira tentativa de descrição e interpretação da *grèze litée* do Alto do Lombeiro foi apresentada na I Reunião do Quaternário Ibérico por DAVEAU e RODRIGUES (1985). Trata-se de uma formação complexa de vertente, situada na base da imponente Costa de Minde (fig. 4). É constituída por uma alternância de leitos grosseiros, cascalhentos, e leitos finos silto-argilosos, com areias e areões. A natureza do material grosseiro é calcária, maioritariamente do Bajociano e topo do Aaleniano, com dimensões que, embora heterométricas entre leitos sucessivos, são homométricas dentro de cada leito. Os clastos de calcário apresentam-se predominantemente achatados (com pequenas formas em cúpula) e angulosos, repousando sobre a maior superfície plana uns sobre os outros.

Os dois cortes observáveis formam entre si um ângulo recto, sendo um paralelo à Costa de Minde (com orientação NW-SE), onde os leitos mostram uma inclinação para SE

entre 10° e 12°, enquanto no corte quase perpendicular à Costa a inclinação é praticamente nula (no máximo 1° a 2° para NE). A espessura visível atinge 14 m ainda que os cortes não ultrapassem os 6 m de altura máxima.

Quanto à morfologia do depósito do Alto do Lombeiro, a topografia actual corresponde a uma superfície de erosão assemelhando-se a sua forma a um *glacis*. Não apresenta assim uma forma original em talude, contactando com a vertente da Costa de Minde por um ângulo vivo. Além disso, a geometria do depósito e as inclinações patentes nos leitos (para SE), indicam que apenas se encontra preservada parte do flanco ocidental da acumulação.

No que respeita ao depósito da exsurgência do Poio (fig. 4) situa-se na base da vertente do Planalto de S. Mamede, em posição oposta à da *grèze litée*, dentro de uma cavidade em forma de abrigo rochoso, onde se localiza uma das três exsurgências estacionais do *polje* de Minde. É constituído por crioclastos de calcário, achatados e angulosos, agregados por cimento calcário, que lhe confere um grau de consolidação muito forte. A natureza dos crioclastos, sendo idêntica à do calcário em que se desenvolve a cavidade, parece indicar tratar-se de um depósito de enchimento resultante de um depósito de gelifracção diferencial, eventualmente favorecido pela maior humidade presente em certas bancadas de calcário actualmente reentrantes. Quanto à forte consolidação, a posição da *grèze* junto a uma exsurgência pode explicar aquela cimentação, tanto mais que mesmo actualmente se verifica o desenvolvimento de pequenas formações tufosas.

No sector SE da depressão de Minde, junto à povoação com o mesmo nome, encontram-se preservados os vestígios de dois depósitos distintos: a *pincha* de Minde e a formação vermelha. Se em relação ao primeiro destes dois depósitos têm sido feitas inúmeras alusões (BIROT, 1949; MARTINS, 1949 e 1950), já a formação vermelha não é mencionada na bibliografia.

O trabalho de campo realizado na depressão de Minde, favorecido pela multiplicação de cortes artificiais, permite acrescentar novos dados de observação:

a) Os calhaus dispõem-se frequentemente em leitos nem sempre bem definidos, com uma certa alternância de leitos

finos e grosseiros. A natureza do material grosseiro é sempre calcária, enquanto nos leitos finos surgem areias calcárias, quartzosas e concreções ferruginosas. A matriz fina que envolve os calhaus é predominantemente silto-argilosa nos extremos deste depósito, junto às vertentes, diminuindo o teor em argila para o meio da formação, onde é quase totalmente constituída por areias quartzosas.

b) Os calhaus de calcário da *pincha* não se apresentam sempre rolados (segundo BIROT, 1949) ou muito bem rolados (conforme MARTINS, 1949 e 1950). Já em 1985 tínhamos chamado a atenção para a existência de diferenças de rolamento (DAVEAU e RODRIGUES, 1985). De facto, os calhaus subangulosos e sub-rolados são dominantes nos cortes mais afastados do meio do depósito (cerca de 55 % perto da Costa de Minde e de 60 % junto à vertente oposta), enquanto na parte central predominam os calhaus rolados (cerca de 70 %). Em todos os cortes os calhaus apresentam um elevado índice de achatamento.

c) A inclinação dos leitos é variável, existindo valores nulos no sentido transversal ao *polje* (NE-SW); longitudinalmente à depressão (NW-SE) verificam-se inclinações para NW (para o interior do *polje*), com valores de 7° a 12°.

d) Nestes cortes de direcção NW-SE, paralelos à Costa de Minde, verifica-se que a *pincha* passa lateralmente a uma formação de tipo *terra rossa*, a formação vermelha, que não inclui qualquer elemento calcário e ocupa, para SE, todo o fundo da depressão (fig. 4).

e) Os calhaus da *pincha* apresentam imbricação, inclinando para NW. Contudo, há claras perturbações a este arranjo interno, principalmente no meio do depósito onde os calhaus se apresentam rolados.

f) Os cortes disponíveis e informações locais indicam que a base da *pincha* atinge o fundo actual do *polje*, não existindo qualquer ferolho ou barra cársica sob os calhaus da *pincha*, como referiram, respectivamente, BIROT (1949) e MARTINS (1950). A formação vermelha assenta igualmente no substrato calcário, muito carsificado, variando, por isso, consideravelmente a sua espessura.

A cobertura aluvial do fundo do *polje* (fig. 4) não é constituída por aluviões recentes que têm vindo a cobrir pro-



gressivamente os calcários do substrato, como defendeu MARTINS (1949). Quanto a nós, as características desta formação aluvial, bem como a sua extensão e repartição espacial, levam-nos a supôr exactamente o contrário: o depósito dito aluvial do fundo do *polje* é o que resta de um depósito de cobertura mais espesso e, provavelmente extensivo a toda a depressão — a formação vermelha, já referida — remexida, empobrecida em finos e enriquecida em elementos siliciosos e ferruginosos rolados.

### *Tentativa de interpretação*

Após os principais movimentos tectónicos responsáveis pela génese de um fosso tectónico dissimétrico, deve ter ocorrido um período longo de evolução, com fases de alteração, erosão e de deposição, mas cujo balanço parece ter sido favorável à acumulação de materiais, predominantemente finos, no fundo da depressão. De facto, os depósitos mais antigos que aqui se conservam são finos, vermelhos (a formação vermelha), semelhantes às *terra rossa* ainda actualmente visíveis no carso das áreas aplanadas e vertentes circundantes da depressão. É possível que a escorrência estabelecida nas vertentes do fosso tectónico tenha transportado e depositado grande volume daqueles materiais, fossilizando o fundo da depressão com uma espessura desconhecida. Aliás, esta espessura não terá sido idêntica em toda a depressão. Dada a maior dimensão da bacia vertente que enquadra o seu sector SE, é admissível supôr uma acumulação mais importante na área onde se situa a actual povoação de Minde.

Uma vez restabelecida a circulação subterrânea, em função do nível de base local da depressão tectónica, o funcionamento hidrológico ter-se-ia desenvolvido progressivamente até assumir semelhanças com o que se verifica na actualidade. Isto é, o desenvolvimento de um *polje* com uma hidrografia subaérea organizada (exurgências preferencialmente localizadas no sector NW da depressão e *ponors* situados na parte intermédia e SE do *polje*). Este funcionamento hidrológico terá dado lugar a um balanço favorável à erosão parcial da formação vermelha. A erosão terá progredido, eventualmente

de NW para SE, situando-se as acumulações actualmente existentes no sector mais distal.

Mais recentemente, com a instalação de um ambiente crionival, verificou-se uma evolução acusada das vertentes, por acção da crioclastia e fusão das neves estacionais, que, no fundo da depressão, se traduziu por um balanço favorável à acumulação de materiais típicos de um regime «periglacial» atenuado — as *grèzes*. A *grèze litée* do Alto do Lombeiro, situada na parte intermédia do *polje* junto à Costa de Minde (fig. 4), parece constituir o único testemunho conservado deste período de evolução, com excepção da *grèze* consolidada da exsurgência do Poio, formada em condições particulares de abrigo. Concomitantemente, o funcionamento hidrológico do *polje* deverá ter sofrido uma certa quebra, provavelmente devido ao abaixamento do nível de base correlativo, dada a deposição não perturbada dos leitos da *grèze litée*. Assim, não existem vestígios que apontem para a obstrução dos *ponors* e conseqüente instalação de um lago permanente (contrariamente ao defendido por MARTINS, 1949 e 1950). Aliás, como refere ROGLIG (1964), quando em certos *polje* do carso dinárico se formaram lagos permanentes, ocorreu a deposição de argilas lacustres no fundo das depressões, não havendo indícios de que tal tenha acontecido em Minde.

O progressivo restabelecimento do funcionamento do *polje*, com activos cursos de água estacionais e inundações periódicas de altura variável (provavelmente ligeiramente superiores aos actuais), terá correspondido a uma nova fase favorável à erosão dos materiais existentes no fundo da depressão. Este facto terá possibilitado a erosão parcial dos depósitos grezóides, particularmente da *grèze litée* do Alto do Lombeiro que mostra indícios de importante erosão (leitos truncados na parte montante, desaparecimento total do flanco NW, abarrancamento no sector terminal). Estes materiais, eventualmente erodidos e transportados por cursos de água estacionais (como escoamento de NW para SE) e depois retomados e depositados pela ondulação do lago temporário que se formava durante a estação chuvosa, estão na origem de uma espécie de cordão litoral lacustre — a *pincha* de Minde. Assim, o material essencialmente grosseiro da *pincha* teria sido acumulado de encontro a uma paleoarriba lacustre, exis-

tente na extremidade SE do *polje*, talhada nos materiais residuais da formação vermelha. A constituição da *pincha* terá contribuído para preservar da erosão aquela formação fina, ainda hoje conservada no sector mais distal relativamente à localização das exurgências e dos *ponors*.

A ligeira interestratificação presente no contacto dos dois depósitos localizados na povoação de Minde, poderá talvez ser o resultado da conjugação de uma evolução estacional e/ou interanual, com uma componente fluvio-lacustre, dominante no transporte e deposição da *pincha*, e uma componente subaérea actuando nos sectores da arriba e cordão expostos.

A fase mais recente da evolução da depressão comporta uma ligeira, mas sensível, descida do nível das águas do lago temporário, responsável pelo talude escavado na *pincha* (arriba lacustre), que domina hoje em mais de 15 m o actual fundo do *polje*. Além disso, o topo da *pincha*, que corresponde a uma superfície de erosão, parece ter sofrido um processo de abarancamento, posteriormente colmatado por materiais remexidos da formação vermelha e por depósitos solifluxivos peliculares e atípicos (tal como ocorre no sector terminal da *grèze litée* do Alto do Lombeiro). Este depósito de solifluxão pelicular é generalizado e surge a regularizar igualmente quer as vertentes quer as superfícies planas, como se nota sobre os materiais da formação vermelha. A evolução recente e actual da depressão de Minde comporta, ainda, a progressiva erosão da cobertura aluvial remanescente no fundo do *polje*, que tende a transformar-se numa superfície rochosa.

As etapas da evolução recente da depressão de Minde aqui brevemente resumidas (as tentativas de justificação são apresentadas em RODRIGUES, 1988), encontram-se sistematizadas no quadro I. Neste indicam-se também as únicas hipóteses de datação possíveis em face da exiguidade de depósitos e de critérios para uma datação absoluta.

#### A DEPRESSÃO DE ALVADOS E VALES AFLUENTES DO LENA

Na depressão de Alvados não só estão patentes os vestígios de uma importante evolução quaternária das vertentes, como surgem depósitos que faltam em Minde. De facto, os depósitos constituídos por crioclastos, envolvidos em matriz

de abundância diversa, cobrem extensões consideráveis das vertentes mais imponentes (fig. 5), e, por exemplo, os depósitos de tipo solifluxivo apresentam um carácter quase generalizado.

### QUADRO I

Tentativa de sistematização das principais etapas da evolução reconhecidas na depressão de Minde

Principais etapas de evolução	Implicações geomorfológicas e climáticas	Idade provável
Erosão da cobertura aluvial do fundo do <i>polje</i>	Transformação em fundo rochoso; eventual alargamento das condutas cársticas	HOLOCENO
Depósitos de solifluxão pelicular, banal e generalizada	Regularização das vertentes	
Abarrancamento da <i>pincha</i> Arriba lacustre na <i>pincha</i>	Descida do nível das inundações periódicas	
Cordão litoral lacustre — <i>pincha</i> de Minde	Lago temporário (com nível ligeiramente superior ao actual)	WURM
Erosão e abarrancamento dos depósitos de <i>grèze</i> ; fase de consolidação da <i>grèze</i> da exurgência do Poio	Cursos de água estacionais de forte competência; clima com estações contrastadas (mediterrânico?)	
<i>Grèze litée</i> do Alto do Lombeiro e <i>grèze</i> consolidada da exurgência do Poio	Evolução acusada das vertentes; abaixamento do nível de base geral e local (período regressivo), com quebra do funcionamento hidrológico do <i>polje</i>	
Erosão parcial da <i>terra rossa</i>	Início do funcionamento hidrológico da depressão e desenvolvimento do <i>polje</i>	
Acumulação de <i>terra rossa</i>	Lavagem das vertentes e interflúvios circundantes	

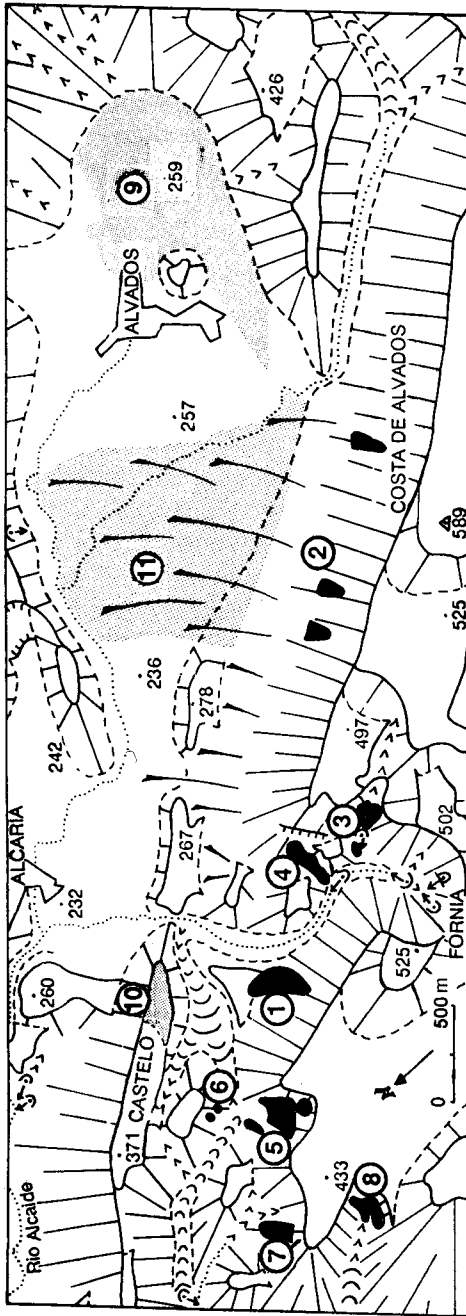


Fig. 5 — Localização dos depósitos de crioclastos consolidados da depressão de Alvados e vales afluentes do rio Lena e das formações existentes no fundo da depressão de Alvados. 1 — Lombo do Moimho; 2 — Costa de Alvados; 3 — Valeiro da Fonte Ribeirinha; 4 — Fontes de Baixo; 5 — Vale das Fechadas; 6 — Cabeça Tireja; 7 — Vale Zambujeiro; 8 — Extremidade SE da depressão de Alvados; 9 — Topo aplanado do Castelo de Alcaria; 11 — Glacis de acumulação. Ver legenda gráfica na figura 1.

### *A tipologia dos depósitos e sua localização*

Os depósitos existentes na depressão de Alvados e vales afluentes do Lena foram englobados (RODRIGUES, 1988) em cinco conjuntos: os depósitos de crioclastos consolidados, os depósitos de crioclastos fracamente consolidados, os depósitos de solifluxão, os taludes de escombrelras de gravidade e as formações existentes no fundo da depressão.

Os dois primeiros conjuntos correspondem a formações de vertente de tipo *grèze*. Apresentam semelhanças ao serem compostas por fragmentos angulosos e achatados de calcário de dimensões variadas, repousando com a maior superfície plana uns sobre os outros, acompanhando o declive da vertente, com estrutura *open-work* ou envoltos em matriz fina de abundância variável. Distinguem-se quanto à dimensão dos elementos grosseiros, ao grau de consolidação, a um nítido esboço de leitos existente na base do depósito de crioclastos fracamente consolidados das Fontes de Cima, à melhor conservação deste depósito e ao carácter menos típico da formação presente junto à povoação de Rio Alcaide.

De entre os depósitos de solifluxão presentes na depressão de Alvados, distinguem-se dois tipos correspondentes claramente a duas gerações. Por um lado, depósitos de solifluxão típica, contemporâneos de um ambiente crionival, cujos vestígios são nitidamente residuais. Por outro, um depósito solifluxivo entendido em sentido lato, pelicular, uniformizante e generalizado.

Os taludes de escombrelras de gravidade, particularmente espectaculares na Fórnia de Alvados, são formações inactuais com a forma de cones de perfil rectilíneo e declives sempre superiores a 30°, notando-se, à superfície, uma nítida classificação das dimensões dos elementos rochosos do topo para a base (onde se situam os maiores blocos). Em corte apresentam normalmente uma estrutura originalmente *open-work* onde os vazios foram progressivamente preenchidos por lavagem dos materiais finos a montante.

As formações existentes no fundo da depressão de Alvados são de dois tipos: depósitos de *terra rossa* que surgem apenas a colmatar formas lapiares localizadas nas extremidades SE do fundo da depressão e do topo do Castelo de Alcaria (fig. 5);

*glacis* de acumulação, com raiz no talude erosivo da base da Costa de Alvados em forma de cone rochoso (fig. 5). O aspecto claramente residual dos depósitos de *terra rossa*, parece reforçar a importância dos processos erosivos que afeioaram sucessivamente o fundo da depressão aberta de Alvados (RODRIGUES, 1988 e 1989). O *glacis* de acumulação possui uma forma em leque e declives que raramente ultrapassam 2° (fig. 5).

### *Significado geomorfológico e paleoclimático dos depósitos*

Para servir de base à presente síntese elaborou-se o quadro II, onde se encontra a sequência das principais etapas de evolução reconhecidas na depressão de Alvados e vales afluentes do Lena. É natural que o quadro-síntese se encontre semeado de interrogações, que tentaremos discutir seguidamente, entre as quais avultam claramente as propostas de idade provável das etapas principais de evolução. Estas propostas de datação têm, assim, que ser encaradas como simples hipóteses de arrumação e não como a pretensão de tomar uma posição inequívoca sobre a cronologia absoluta da evolução quaternária das vertentes.

Após os principais movimentos tectónicos responsáveis pela génese de um fosso tectónico dissimétrico (ante-Pliocénico? mais antigo que o de Minde?), poderá ter ocorrido, como em Minde, um período de evolução favorável à acumulação de depósitos essencialmente finos, por lavagem dos materiais de *terra rossa* presentes na bacia vertente então criada. No entanto, uma vez que a depressão de Alvados não mostra evidências de ter constituído uma bacia fechada, os processos de erosão que deram lugar, nomeadamente, ao estabelecimento de níveis planos escalonados (fig. 3), devem estar na origem do seu quase total desaparecimento do fundo rebaixado da depressão. Os depósitos de *terra rossa* assumem, de facto, um aspecto claramente residual e surgem a colmatar formas cársicas parcialmente exumadas (fig. 5).

Se excluirmos, então, os depósitos de *terra rossa*, os mais antigos depósitos de vertente encontrados na depressão de Alvados e vales afluentes do Lena, parecem ser constituídos por formações grezóides que, actualmente, apresentam graus

de consolidação diversos. Ainda conservadas em retalhos de dimensões significativas, surgem em posição nítida de vertente ou, na maior parte dos casos, a colmatar antigos entalhes (barrancos e valeiros), como se pode observar na figura 5. Os critérios que permitem apontar para uma relativa antiguidade destas formações grezóides são as suas relações com os restantes depósitos, o seu contexto morfológico e o grau de consolidação que presentemente possuem.

No que respeita às relações com os restantes depósitos presentes na depressão de Alvados e vales afluentes do Lena, as *grèzes* são claramente anteriores a todos eles, nomeadamente aos depósitos de solifluxão típica e às escombreyras de gravidade, para os quais parecem ter contribuído, não só com um eventual enriquecimento em crioclastos, como, fundamentalmente, através de blocos de depósito consolidado incluídos naquelas escombreyras. Quanto ao seu contexto morfológico, verifica-se que todos os retalhos de *grèze* se encontram nitidamente suspensos relativamente às formas actuais. No entanto, a posição diferenciada dos vários retalhos, bem como o desigual grau de consolidação por cimento carbonatado, que actualmente exibem, parecem indicar que as *grèzes* não pertencem todas a uma mesma geração. No quadro II apresentam-se três conjuntos de depósitos de *grèze*, designados genericamente por *grèzes* com consolidação forte a muito forte, *grèzes* com consolidação média a forte e *grèzes* fracamente consolidadas.

A primeira geração de *grèzes* inclui apenas o retalho do Lombo do Moinho (fig. 5), uma vez que mostra algumas diferenças em relação às outras manchas quanto à estrutura interna, à posição e ao grau de consolidação. Em termos de estrutura interna é uma formação menos típica, com mistura de crioclastos e calhaus não achatados, matriz de cor diferente (amarelada) e muito mais abundante do que nos restantes depósitos, não possuindo leitos *open-work*. Estas características parecem indicar um clima menos frio (embora com crioclastia) e mais húmido do que aquele que, posteriormente deu lugar à segunda geração de formações grezóides. De facto, o depósito do Lombo do Moinho assemelha-se mais a uma *groize* e, de entre os processos responsáveis pela sua elaboração, parece estar presente um escoamento com maior com-



QUADRO II

Tentativa de sistematização das principais etapas da evolução reconhecidas na depressão de Alvarados e vales afluentes do Lena

Principais etapas de evolução	Localia de observação	Implicações geomorfológicas e climáticas	Idade provável
<p>* a) Pequenos deslizamentos; b) desabamentos e quedas isoladas de blocos; c) abarrancamentos.</p>	<p>* a) Margens de leito menor (Rib. da Fórnia), paleontais e dep. de solifluxão (Vale da Barroca e do Alcalde); b) escarpas rochosas; c) substrato margoso (base da Costa de Alvarados e da vert. da Barroca).</p>	<p>* a) Irregularização das vertentes; b) continuação da exumação das escarpas de falha; c) continuação do recuo da base das escarpas de falha.</p>	<p>ACTUAL</p>
<p>* Pequeno encaixe da rede hidrográfica.</p>	<p>* Encaixe do leito menor de todos os cursos de água (Canada, Fórnia, Alcalde, etc.).</p>	<p>* Fase mais húmida?</p>	<p>Holocénico</p>
<p>* Início do remeximento dos dep. de solifluxão pelicular.</p>	<p>* Geral.</p>	<p>* Erosão da cobertura de interflúvios, cabeceiras e parte alta das vertentes; enchimento dos entalhes.</p>	<p>SUB-ACTUAL</p>
<p>* Depósitos de solifluxão pelicular (banal).</p>	<p>* Geral.</p>	<p>* Regularização das vertentes; enchimento dos entalhes.</p>	<p>?</p>
<p>* Grandes desabamentos/ /deslizamentos.</p>	<p>* Fontes de Baixo (Fórnia), vertentes SW e NE (Arrasada) do Castelo de Alcaria.</p>	<p>* Importante exumação das escarpas de falha.</p>	<p>?</p>
<p>* Elaboração do nível IV.</p>	<p>* Sector NW do fundo actual da depressão de Alvarados e Várzea da Fórnia.</p>	<p>* Pequeno retoque do nível III; depressão de Alvarados suspensa em relação ao encaixe do Alcalde.</p>	<p>?</p>
<p>* a) Importante encaixe da rede hidrográfica; b) abarrancamento de depósitos pré-existentes; c) depósitos</p>	<p>* a) Rio Alcalde, Vale da Barroca/ /nascentes do Lena; b) <i>Glacis</i> de acumulação de Alvarados e dep. de <i>grêze</i> que fossilizam paleontais</p>	<p>* Período regressivo (abaixamento do nível de base geral e local/nível freático); clima frio e húmido; depósitos de <i>grêze</i> consolidados novamente erodidos e transportados em relação às formas</p>	<p>?</p>

<p>* a) Importante encaixe da rede hidrográfica; b) abarrancamento de depósitos pré-existentis; c) depósitos de solifluxão.</p>	<p>* a) Rio Alcaide, Vale da Barroca/nascentes do Lena; b) <i>Glacis</i> de acumulação de Alvados e dep. de <i>grêze</i> que fossilizam paleocanalhais (Costa de Alvados, Valeiro da Fonte Ribeirinha, Vale das Fechadas, Vale Estrojido); c) sector montante do Vale do Alcaide (canhão), margem direita do Alcaide (antiga ponte do Livramento), etc.</p>	<p>* Período regressivo (abaixamento do nível de base geral e local/nível freático); clima frio e húmido; depósitos de <i>grêze</i> consolidados novamente erodidos e suspensos em relação às formas actuais; regularização das vertentes.</p>	<p>?</p>
<p>* a) <i>Glacis</i> de acumulação e <i>glacis</i> de erosão; b) elaboração do nível III.</p>	<p>* a) Parte intermédia do fundo da depressão de Alvados e base da Costa de Alvados; b) parte intermédia e SE do fundo actual da depressão de Alvados, portela do Zambujal, Livramento, etc.</p>	<p>* a) Forte erosão nas vert. e importante desmantelamento dos dep. de <i>grêze</i> e solifluxão típica; b) estreitamento da abertura da depressão de Alvados para o Alcaide (Portela do Zambujal); c) exumação parcial das escarpas de falha e recuo da base da Costa de Alvados.</p>	<p>WÜRM</p>
<p>* Pequeno encaixe da rede hidrográfica.</p>	<p>* Fórnia, Vale Estrojido e Vale do Alcaide.</p>	<p>* Descida do nível de base?</p>	<p>?</p>
<p>* Escombreiras de gravidade.</p>	<p>* Depósitos de solifluxão típica.</p>	<p>* Clima frio e húmido, com crioclastia moderada;</p>	<p>?</p>
<p>* Depósitos de solifluxão típica.</p>	<p>* Costa de Alvados, cabeceira do Valeiro da Fonte Ribeirinha (Fórnia), meandro do Rib.º da Fórnia, Vale das Fechadas, Cab.ª Tlireja, etc.</p>	<p>* Regularização das vertentes e enchimento de valeiros (perfis em U aberto).</p>	<p>?</p>
<p>* Fase de consolidação pouco acusada dos dep. de <i>grêze</i>?</p>	<p>* Dep. de <i>grêze</i> hoje francamente consolidados.</p>	<p>* Clima mais ameno com estações contrastadas?</p>	<p>?</p>
<p>* <i>Grêzes</i> (fracamente consolidadas).</p>	<p>* Fontes de Cima (Fórnia), margem direita do Vale do Alcaide (povoação de Rio Alcaide).</p>	<p>* Novo período frio e húmido, com crioclastia, ou condições topográficas e hidrologicas menos favoráveis à consolidação?</p>	<p>?</p>
<p>* Fase principal de consolidação dos depósitos.</p>	<p>* Depósitos de <i>grêze</i> hoje com consolidação média a forte e forte a muito forte.</p>	<p>* Clima mais ameno, contrastado, com alternância de lavagem/evaporação de tipo mediterrânico?</p>	<p>Interglaciário RISS-WÜRM?</p>

<p>* <i>Grêzes</i> (fracamente consolidadas).</p>	<p>* Fontes de Cima (Fórnia), margem direita do Vale do Alcaide (povoação de Rio Alcaide).</p>	<p>* Novo período frio e húmido, com crioclastia, ou condições topográficas e hidrologicas menos favoráveis à consolidação?</p>	<p>? ? Interglaciário RISS-WÜRM?</p>
<p>* Fase principal de consolidação dos depósitos.</p>	<p>* Depósitos de <i>grêze</i> hoje com consolidação média a forte e forte a muito forte.</p>	<p>* Clima mais ameno, contrastado, com alternância de lavagem/evaporação — de tipo mediterrânico?</p>	<p>? — ?</p>
<p>* <i>Grêzes</i> (com consolidação média a forte).</p>	<p>* Costa de Alvados, Valeiro da Fonte Ribeirinha e Fontes de Baixo (Fórnia), Vale das Fechadas (Barroca), vert. W da Cab.* Threja, Vale Zambujero (Barroca), Vale Estrojido.</p>	<p>* Evolução acusada das vertentes, em clima mais frio e húmido, com crioclastia, correlativo de abaixamento do nível de base; enchimento de antigos barrancos e valeiros.</p>	<p>? — ?</p>
<p>* Fase de consolidação pouco acusada dos dep. de <i>grêze</i>.</p>	<p>* Depósitos de <i>grêze</i> hoje com consolidação forte a muito forte.</p>	<p>* Clima mais ameno com estações contrastadas?</p>	<p>RISS?</p>
<p>* <i>Grêzes</i> (com consolidação forte a muito forte).</p>	<p>* Lombo do Molinho.</p>	<p>* Clima frio e bastante húmido, com crioclastia (e solifluxão?).</p>	<p>? — ?</p>
<p>* Elaboração do nível II e <i>glacis</i> de erosão.</p>	<p>* Lombo do Molinho, Cassotas, Cadougos, saída da Canada, Portela de Baixo, Lombo, Castanhal/Penedos do Zambujal, etc., e Lombo do Molinho, base das vert. S e SE da Cab.* Threja.</p>	<p>* Estreitamento da abertura da depressão de Alvados para o Alcaide (Castanhal/Penedos do Zambujal); recuo da base da Costa de Alvados.</p>	<p>? — ?</p>
<p>* Encaixe da rede hidrográfica.</p>	<p>* Portela da Barroca, Cast. Alcaria (S), Colmeias, Vale Barbas, Vale Calvo, C.º Clérigo, Fontainhas (e Colmeias, Fontainhas?).</p>	<p>* Diferenciação da drenagem Lena/Alcaide.</p>	<p></p>
<p>* Elaboração do nível I (<i>glacis</i> de erosão?).</p>	<p></p>	<p>* Depressão de Alvados forma largamente aberta (anterior ao encaixe da rede hidrográfica?), ligada à depressão da Mendiga e à orla aplanada S do Planalto de Santo António?</p>	<p></p>

petência e, mesmo, fenómenos de solifluxão. Quanto à sua posição, fossiliza parcialmente a vertente, mas possui a maior espessura conservada sobre um retalho aplanado (com forma em *glacis* de erosão) pertencente ao nível de erosão II (fig. 3), encontrando-se suspenso cerca de 30 m acima da Várzea da Fórnica (nível IV). Também no que respeita ao grau de consolidação há uma nítida diferenciação: o depósito do Lombo do Moinho apresenta-se forte a muito fortemente consolidado, ao passo que os vestígios da segunda geração de *grèzes* têm um grau de consolidação actual médio a forte. Este facto é tanto mais relevante quanto as suas posição e composição são menos favoráveis aos processos posteriores de consolidação, quando comparados com os retalhos do segundo conjunto de *grèzes* geralmente conservados nas cabeceiras de paleoentelhes (Costa de Alvados, Valeiro da Fonte Ribeirinha, Vale das Fechadas e Vale Estrojido), e possuindo matriz argilosa quase nula.

Realmente, já referimos (RODRIGUES, 1988) que a consolidação posterior dos depósitos de *grèze* parece estar ligada à presença, após a sua elaboração em clima frio e húmido (com crioclastia e fusão das neves estacionais), de um ambiente climático contrastado, provavelmente com fases alternadas húmidas (com uma dominante de dissolução) e mais secas, onde predominava a evaporação da água contida nos interstícios do depósito, com consequente precipitação dos carbonatos em solução. Este meio poderá corresponder, eventualmente, a um clima mediterrânico semelhante ao actual, uma vez que actualmente se observam fenómenos de precipitação a afectar depósitos, nomeadamente de *grèze*, em particular ao longo dos entalhes (regra geral apenas com escoamento estacional na dependência do funcionamento das exsurgências). Assim, o papel da escorrência nos valeiros contribuiu claramente para uma consolidação forte dos sectores expostos dos retalhos da segunda geração de *grèzes*, localizados em paleoentelhes posteriormente reactivados, enquanto o interior destes depósitos apresenta uma consolidação bastante menor. Pelo contrário, o depósito do Lombo do Moinho, situado num local onde não se observam condições favoráveis para a concentração da escorrência, mostra sempre uma consolidação forte a muito forte, o que parece sugerir claramente um factor

de antiguidade. Isto é, entre os períodos de elaboração da primeira e da segunda gerações de *grèzes* verificou-se uma fase de consolidação que, embora provavelmente pouco acusada, se manifesta claramente no grau de consolidação actualmente patenteado pelos dois conjuntos.

A terceira geração de *grèzes*, correspondente aos vestígios localizados nas Fontes de Cima e no sector terminal da margem direita do vale do Alcaide, também apresenta diferenças sensíveis no que respeita ao seu actual contexto morfológico, estrutura interna e grau de consolidação. Os retalhos, que surgem a regularizar vertentes (como a primeira geração de *grèzes*) e não a colmatar paleoentalhes (como sucede na segunda geração), apresentam-se mais bem conservados apesar do seu fraco grau de consolidação. Além disso, mostram um nítido esboço de leitos e os seus taludes estendem-se praticamente até à base das vertentes que colmatam. Desta forma, a fase principal de consolidação dos depósitos de crioclastos parece situar-se entre as duas últimas gerações de *grèzes*.

No que respeita às idades dos depósitos de *grèze*, DAVEAU (1977) considerou que o modelado periglaciário herdado, que caracteriza as regiões litorais ocidentais (com especial incidência nos maciços calcários que marginam mais ou menos directamente o litoral desde o baixo Mondego ao Tejo), corresponde a um episódio do fim do Würm. Por seu turno RAYNAL (1985) faz notar que certas formações de vertente (localizadas na região litoral ao Norte do Tejo), já sofreram uma pedogénese e estão fortemente consolidadas por um encrostamento calcário, o que representa normalmente, em meio climático de tipo mediterrânico, um índice de antiguidade, fazendo recuar o depósito pelo menos à época fria rissiana. As idades propostas, indicadas no quadro II, são função quer da localização e grau de consolidação patenteados por cada conjunto, quer do seu posicionamento relativamente aos episódios de evolução que as antecedem e, principalmente, que lhes são posteriores. Este trabalho, embora tenha permitido uma certa pormenorização das etapas evolutivas, não autoriza certezas quanto às idades das diferentes formações, que devem ser entendidas como simples hipóteses. Por exemplo, considerou-se a fase principal de consolidação dos depósitos de *grèze* correspondente ao lapso de tempo que medeia entre os episódios glaciários

Riss e Würm, porque parece marcar uma paragem relativamente longa na elaboração dos depósitos crioclásticos, contemporânea de um clima mais ameno.

Posteriores às formações grezóides são os depósitos de solifluxão típica e as escombrelas de gravidade que se lhes sobrepõem ou retomam elementos das *grèzes* consolidadas. Aqueles depósitos, eventualmente correlativos (embora as escombrelas devam ter evoluído em períodos posteriores), parecem corresponder a um clima igualmente húmido, mas menos frio do que o dominante na formação das *grèzes*, particularmente da segunda geração daqueles depósitos, pelo que a crioclastia deveria ser mais moderada. Anteriores ao nível III de erosão da depressão de Alvados e vales afluentes do Lena (fig. 3), que não recobrem, são igualmente mais antigos que os *glacis* de acumulação e erosão correlativos da elaboração daquele nível. O *glacis* de acumulação presente na parte intermédia do fundo actual da depressão de Alvados (e que deve ter sido parcialmente erodido no sector NW daquela depressão, por posterior rebaixamento erosivo — nível IV), parece corresponder a um período de forte erosão nas vertentes, com importante desmantelamento dos depósitos anteriores, particularmente das *grèzes* e depósitos de solifluxão típica.

Embora se tenham registado no quadro II vários episódios de encaixe da rede hidrográfica, que não têm obrigatoriamente que corresponder a abaixamentos do nível de base geral ou local, podendo apenas ser o reflexo do levantamento continuado deste sector do Maciço (como a própria presença de níveis escalonados sugere, RODRIGUES, 1988 e 1989), a mais importante fase de encaixe parece ter ocorrido posteriormente à elaboração dos *glacis* de acumulação e erosão, concomitantes da elaboração do nível III. Para além do espectacular encaixe do rio Alcaide (com um vale em garganta e mesmo um pequeno canhão a montante), este episódio, provavelmente correlativo do máximo da regressão wurmiana, parece ter sido acompanhado por importante abarrancamento quer do *glacis* de acumulação de Alvados quer dos depósitos de *grèze* consolidada situados em paleoentalhes, então particularmente reactivados. Ao mesmo tempo ou imediatamente depois desta fase de encaixe, ocorreu uma regularização das vertentes por depósitos de solifluxão, bem nítida no vale do Alcaide

(nomeadamente nos sectores intermédio e inferior do pequeno canhão).

Todos os depósitos referidos, bem como grandes desabamentos/deslizamentos, favorecidos pelo encaixe da rede hidrográfica e responsáveis por importante exumação das escarpas de falha, são cobertos por uma formação solifluxiva, pelicular e banal, responsável por uma regularização das vertentes. Embora nos limites da depressão de Alvados só tenham sido reconhecidas duas gerações de solifluxão, uma típica e outra banal, nos vales afluentes do Lena (particularmente no vale do Alcaide) está presente uma outra geração. Enquanto esta parece ser ainda wurmiana, os depósitos de solifluxão pelicular poderão ser já holocénicos.

A evolução seguinte traduziu-se no remeximento e erosão dos depósitos anteriores, com continuação do enchimento de vales e valeiros, embora, nos funcionais, se verifique um pequeno encaixe dos cursos de água temporários. Desconhece-se a razão deste ligeiro encaixe que poderá ser o resultado de um episódio mais húmido com concentração da escorrência.

Actualmente continuam activos diferentes processos de evolução na depressão de Alvados e vales afluentes do Lena, e, para além do importante papel do escoamento difuso na desnudação das superfícies de declive superior a 2° (mas principalmente nos troços superior e intermédio das vertentes), verifica-se a ocorrência de pequenos deslizamentos, desabamentos e abarrancamentos.

#### ABSTRACT

*Deposits and quaternary evolution of slopes in Minde and Alvados depressions (Maciço Calcário Estremenho, Portugal).*—The Minde and Alvados depressions are two asymmetric grabens oriented NW-SE, dependent on secondary faults that cut the Maciço Calcário Estremenho (the most important Portugal's limestone unit).

If the differences between those depressions are visible in morphostructural aspects (such as the importance of tectonics and solution), they become more clear when we discuss the deposits within each one.

Indeed, the large scale geomorphological survey (mostly at 1:2,000), shows that in Alvados depression the preservation of a long variety of deposits proves that erosional processes were much more active there than in Minde (where they are less abundant), even though Minde is

a basin closed by the original tectonic movements, in opposition to what happened in Alvados.

In this paper a particular attention is given to the tipology and morphoclimatic significance of the deposits in both depressions, with special evidence to those which prove an effective action of snow and gelifraction on slopes evolution.

At last, a first synthesis, of Minde and Alvados' main phases on quaternary evolution, will be attempted.

## RÉSUMÉ

*Dépôts et évolution quaternaire des versants des dépressions de Minde et de Alvados (Maciço Calcário Estremenho, Portugal).* — Les dépressions de Minde et de Alvados sont deux fossés tectoniques dissimétriques, allongées sur la direction NW-SE, liées à des failles secondaires qui coupent transversalement le Maciço Calcário Estremenho (la plus importante unité calcaire du Portugal).

Si les différences entre les deux dépressions sont nettes du point de vue morphostructural (notamment l'importance relative de la tectonique et de la dissolution), elles sont encore plus claires si on analyse les dépôts présents dans chacune.

En effet, la levée géomorphologique de détail (réalisée le plus souvent à l'échelle 1:2.000), révèle que dans la dépression d'Alvados est préservée une grande variété de dépôts qui témoigne une forte activité des processus d'érosion. Par contre, dans celle de Minde, les dépôts sont moins répandus, bien que cette dépression ait été fermée dès les mouvements tectoniques originels, contrairement à ce qui s'est passé à Alvados.

Dans cet article on met en évidence la typologie et la signification morpho-climatique des dépôts présents dans les deux dépressions, surtout ceux qui témoignent une importante évolution des versants par l'action des neiges et de la gélifraction.

On essaie aussi de faire une première synthèse des principales phases d'évolution quaternaire des deux dépressions.

## BIBLIOGRAFIA

- BIROT, P. (1949) — «Les surfaces d'érosion du Portugal Central et Septentrional». *Rapport Comm. Cart. Surf. Aplan.*, Congrès Int. Geog., Lisboa, p. 9-116.
- DAVEAU, S. (1977) — «L'évolution géomorphologique quaternaire au Portugal. Principaux aspects et problèmes posés par son étude». *Suppl. Bull. AFEQ*, 50, p. 11-21.
- DAVEAU, S.; RODRIGUES, M. L. (1985) — «Os polje de Alvados e de Minde». In *Glaciação da Serra da Estrela. Aspectos do Quaternário da Orla Atlântica*. I Reunião do Quaternário Ibérico, Livro-guia da pré-reunião, Lisboa, p. 33-40.



- FERREIRA, A. B.; RODRIGUES, M. L.; ZÉZERE, J. L. (1988) — «Problemas da evolução geomorfológica do Maciço Calcário Estremenho». *Finis-terra*, XXIII (45), Lisboa, p. 5-28.
- MARTINS, F. (1949) — *Maciço Calcário Estremenho. Contribuição para um estudo de Geografia Física*. Coimbra, 248 p.
- (1950) — «Aspectos do relevo calcário em Portugal: os polje de Minde e de Alvados». *Bol. Centro Est. Geog.*, 1, Coimbra, p. 13-22.
- RAYNAL, R. (1985) — «Répartition géographique des héritages périglaciaires quaternaires au Portugal et à Madère». *Biul. Perigl.*, 31, p. 235-247.
- RODRIGUES, M. L. (1988) — *As depressões de Minde e de Alvados. Depósitos e evolução quaternária das vertentes*. Diss. Mestrado em Geog. Física e Regional, F. L. L., Lisboa, 208 p. + 3 mapas f. t.
- (1989) — «Morphostructural evolution of the Minde and Alvados depressions (Maciço Calcário Estremenho, Portugal)». *GEOÖKO plus*, 1, II Int. Conf. Geomorphology, Frankfurt, p. 233-240.