

## APLICAÇÃO DO ESTUDO DE MINERAIS PESADOS A CARACTERIZAÇÃO DOS DEPOSITOS DA BACIA DE ALVARAES E BACIA DO RIO LIMA. (NW DE PORTUGAL).

M. I. CAETANO ALVES

Ciências da Terra, Universidade do Minho, 4700 Braga, Portugal.

### RESUMO

Estudaram-se os minerais pesados, na fracção entre 500 a 62  $\mu\text{m}$ , dos depósitos fluviais Plio-Quaternários (?) da bacia de Alvarães e da bacia do rio Lima. Os minerais presentes são provenientes principalmente de granitos e rochas silúricas metamorfolizadas. Os sedimentos da bacia do rio Lima apresentam maior frequência em andalusite, individualizando-se os depósitos das duas margens pelo conteúdo em minerais opacos. Os da margem direita deste rio mostram grande influência de materiais locais sujeitos a transporte curto, enquanto que os da margem esquerda e da bacia de Alvarães resultam da mistura de sedimentos sujeitos a transporte mais longo.

Palavras chave: Minerais pesados. Fluvial. Plio-Quaternário.

### ABSTRACT

There was studied the heavy minerals, between 500 to 62  $\mu\text{m}$ , from Plio-Quaternary (?) deposits belonging to Alvarães basin and Lima river basin. The minerals observed there was mainly issued from granites and silurian metamorphic rocks. Sediments from Lima river basin present greater frequency of andalusite and the opaque minerals content are different in the two margins deposits. The right margin deposits show great influence of local materials with little transport, and those from left margin and Alvarães basin results of sediments mixing during greater transport.

Key words: Heavy minerals. Fluvial. Plio-Quaternary.

### INTRODUÇÃO

Os depósitos fluviais que se pretende caracterizar, de idade Plio-Quaternária (?), pertencem à bacia de Alvarães e à bacia do rio Lima, situadas no Minho, NW de Portugal (Fig. 1).

Afloram nesta região granitos, rochas silúricas metamorfolizadas (predominam corneanas e xistos andalusíticos), por vezes associadas a abundantes apófises graníticas, e rochas do Complexo Xisto-Grauváquico; a este Complexo pertence a associação xisto-granito-migmatito que se observa a norte de Ponte de Lima e Viana do Castelo, e a mancha alongada de xistos e grauvaques fortemente metamorfolizados que ocorre a oeste da bacia de Alvarães.

Na bacia do rio Lima, além dos sedimentos recentes que preenchem o leito de inundação, existem outros depósitos mais antigos, que se concentram na parte terminal deste rio, a jusante da região de Ponte de Lima. Observam-se na margem direita depósitos, a maioria dispostos transversalmente ao rio, e na margem esquerda extensos depósitos longitudinais e outros menores que poderão representar, nuns casos, o prolongamento daqueles, ou estar relacionados com afluentes do rio.

A bacia de Alvarães, situada entre os rios Lima e Neiva, pertencem os depósitos cartografados em forma de "L" que se iniciam em Capareiros e, contornando Alvarães, se prolongam para norte até Vila Fria-Anha.

### MÉTODOS

As amostras foram colhidas em cada uma das unidades observadas a partir de 20 cm de profundidade, em perfis dos depósitos com espessura mínima de 50 cm. Estudaram-se outras amostras designadas como amostras padrão, representando sedimentos sem qualquer transporte (rochas alteradas) e com transporte muito curto, usadas como referência para avaliar a mistura sofrida pelos sedimentos dos depósitos em estudo. Todas as amostras foram sujeitas ao mesmo tratamento analítico.

Procedeu-se à crivação das amostras, seleccionando-se para este estudo a classe dimensional entre 500 a 62  $\mu\text{m}$ , a qual foi lavada sobre o crivo de 62  $\mu\text{m}$  de modo a remover as partículas mais finas. Foram fervidas durante 30 minutos em HCl e, a seguir, lavadas com água destilada, seguidamente fervidas em  $\text{HNO}_3$  e novamente lavadas. A fracção densa, obtida após separação com bromofórmio, foi montada em lâmina delgada para estudo ao microscópio petrográfico. Após identificação dos minerais transparentes presentes efectuou-se a quantificação dos mesmos procedendo-se do seguinte modo: foram contados cem grãos incluindo minerais opacos, obtendo-se assim a percentagem destes minerais, prosseguindo

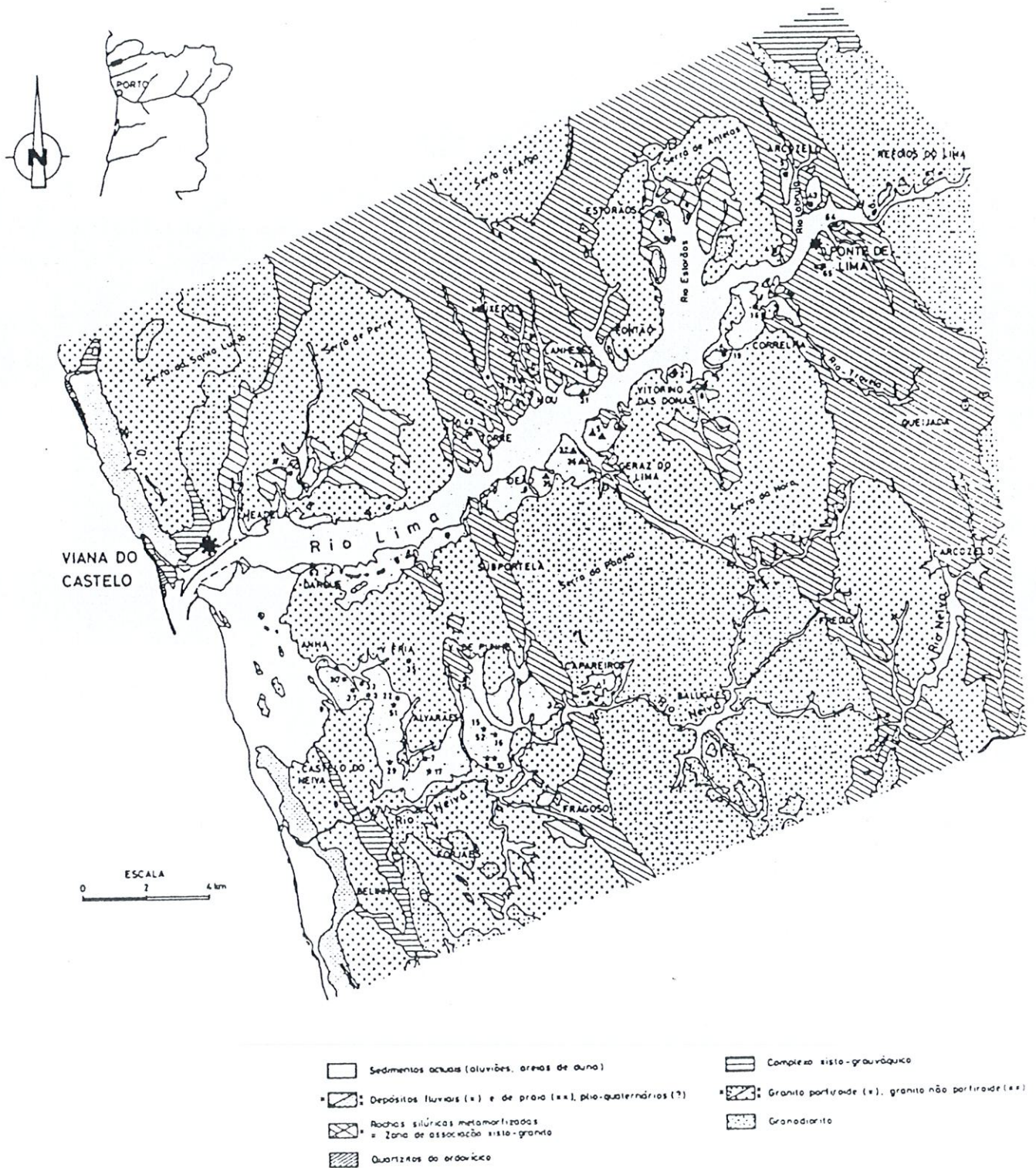


Fig. 1 - Localização dos perfis estudados, sobre um esboço da carta geológica de Portugal, folhas 5-C e 5-A, Teixeira *et al.* (1969, 1972).  
 Perfis ■ PL, ▲ GL, \* VC, △ CAR e ★ ALV.

a contagem sómente dos graos de minerais transparentes novamente até obter 100, para determinação da percentagem de cada mineral transparente. Ainda relativamente à quantificação dos minerais não foram contados os graos de micas.

#### MATERIAL ESTUDADO

Os depósitos são constituídos por unidades de cascalho arenoso e unidades de areia por vezes com seixos, envolvidas em matriz limo-argilosa e, por vezes, unidades limo-argilosas individualizadas.

As amostras padrão, provenientes da região onde ocorrem os depósitos, correspondem a granitos e xistos alterados, materiais coluviais (arenas alóctones misturadas com solo e depósitos de vertente típicos) e aluvial não actual dum pequeno curso de água.

#### DESCRIÇÃO

Os depósitos estudados contêm minerais opacos em proporções variáveis, desde vestígios (< 5%) a muito abundantes (> 90%).

A turmalina, predominando a variedade castanha, ocorre principalmente em fragmentos de cristais não rolados e algumas vezes em pequenos cristais eudrícos. O silicato de metamorfismo mais abundante é andalusite, incluindo a variedade quiasolite, frequentemente pleocróica e por vezes rolada. Nitidamente menos frequentes ocorrem, em quase todas as amostras, fragmentos prismáticos de silimanite e alguns graos de estauroilite. São muito frequentes fragmentos e cristais bipiramidais de zircão, incolor, róseo e amarelo, alguns apresentando desgaste. Observam-se como óxidos de titânio, cristais de anátase, graos irregulares de broquite e fragmentos e cristais de rútilo, algumas vezes com maclas ainda visíveis. A anátase é sem dúvida o polimorfo mais abundante, segue-se o rútilo e menos frequente a broquite. Ocorrem ainda, cassiterite, esporadicamente granada e monazite e, muito raramente distena, epidoto, esfena, idócrase, hiperstena, hornblenda verde e xénotime.

Os minerais pesados transparentes mais frequentes são turmalina e andalusite cuja soma é, em quase todas as amostras, superior a 60% (Fig. 2). Destacam-se as amostras dos perfis 35 GL (margem esquerda do rio Lima) pelo conteúdo elevado em zircão (30 e 27%), 29 GL (margem direita do rio Lima) que apresentam grande frequência de cassiterite (10 e 19%) e granada (30 e 27%), e ainda três amostras da bacia de Alvarães possuindo frequência elevada de zircão (18 a 35%) e óxidos de titânio (12 a 19%).

A estabilidade relativa dos minerais foi estudada por vários autores, que ordenaram os minerais nem sempre em posição equivalente. Neste trabalho optou-se pelos grupos apresentados por Pettijohn *et al.*, (1987), modificados de acordo com informações presentes em Parfenoff *et al.* (1970). Assim consideraram-se dois grandes grupos de minerais:

- estáveis: anátase, estauroilite, monazite, rútilo, turmalina e zircão, minerais estáveis e ultraestáveis segundo

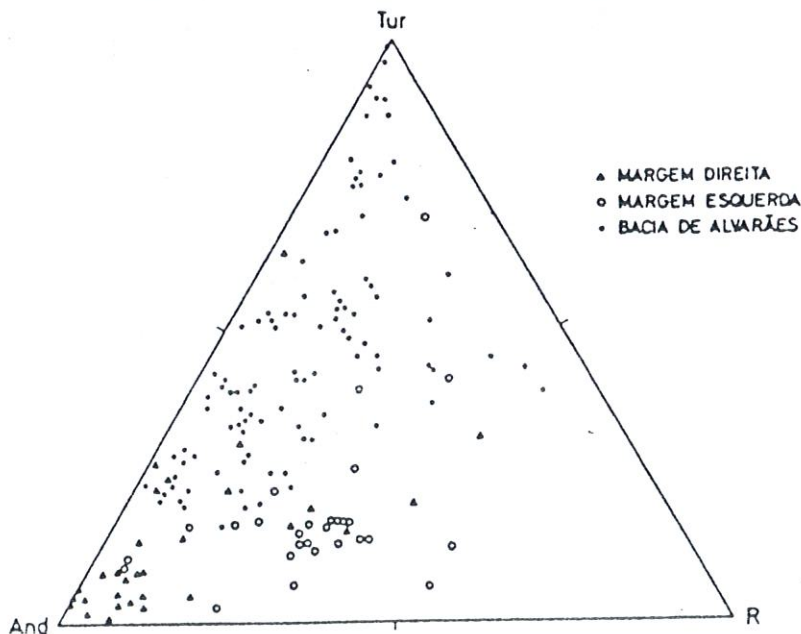


Fig. 2 - Diagrama triangular representando a frequência de turmalina (Tur) e Andalusite (And) relativamente aos restantes minerais pesados (R).

Pettijohn *et al.* (1987), e ainda cassiterite, considerada por Parfenoff *et al.* (1970) pouco alterável;  
- **alteráveis**: andalusite, distena, epidoto, esfena, granada, hiperstena, hornblenda e silimanite, minerais moderadamente estáveis e instáveis (Pettijohn *et al.*, 1987); ainda broquite que altera em rútilo, idócrase e xénotime, raros em sedimentos (Parfenoff *et al.*, 1970).

No diagrama triangular da Fig. 3 estão projectadas as amostras dos depósitos função dos grupos definidos, tendo-se subdividido o grupo dos minerais alteráveis, isolando a andalusite dos restantes minerais. Verifica-se que os sedimentos apresentam:

- minerais estáveis associados a andalusite, em proporções variáveis;
- os depósitos da margem direita do rio Lima são os que apresentam maior frequência de andalusite;
- a frequência de minerais alteráveis, excluindo a andalusite, é bastante baixa, 7% nos depósitos de Alvarães e 15% na maioria das amostras;
- estes minerais são quase na totalidade silimanite, ocorrendo alguma broquite nos depósitos de Alvarães e nos da margem esquerda do rio Lima;
- o conteúdo elevado em minerais alteráveis presente nas amostras do perfil 29 GL resulta da grande ocorrência de granada.

Nas amostras padrão, observa-se nas de rochas alteradas frequência baixa em minerais opacos, aumentando estes nas restantes amostras. Predominam como minerais transparentes, nos materiais de origem granítica e metamórfica, respectivamente turmalina e andalusite; os materiais colúviais e aluviais apresentam frequência naqueles minerais fortemente influenciada pela litologia a que estão associados.

A frequência relativa de andalusite e turmalina, nos sedimentos dos depósitos, poderá representar a influência das rochas metamórficas e ígneas das vertentes próximas.

No diagrama da Fig. 4 estão projectadas as amostras padrão e amostras dos depósitos em estudo, função do conteúdo em minerais opacos e da frequência de andalusite relativamente à turmalina, dada pela razão  $100 \times \text{andalusite} / (\text{andalusite} + \text{turmalina})$ .

Na parte inferior do diagrama projectam-se algumas amostras da bacia de Alvarães, quase todas as amostras dos depósitos da margem direita do rio Lima e as amostras padrão. Estas localizam-se preferencialmente à direita, se relacionadas com rochas metamórficas e à esquerda se relacionadas com granitos. As restantes amostras dispõem-se na parte superior do diagrama, constituindo uma mancha que se estende entre 15% e 80% da relação  $\text{andalusite} / (\text{andalusite} + \text{turmalina})$ , representando a maioria das amostras de Alvarães. Os sedimentos da margem esquerda do rio Lima apresentam valores superiores a 70% daquela razão.

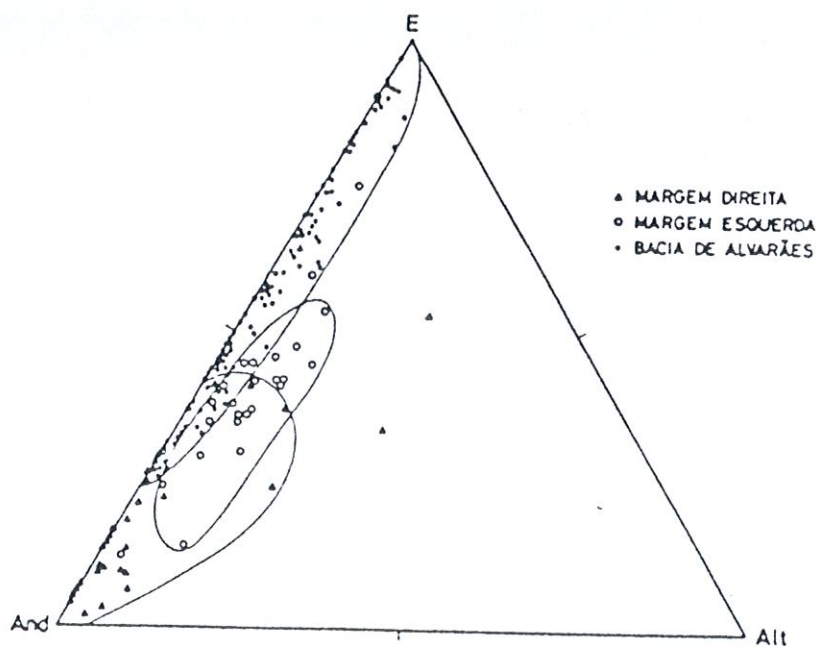


Fig. 3 - Representação dos minerais pesados, em diagrama triangular, função dos grupos de estabilidade definidos. E - estáveis; And - andalusite; Alt - alteráveis.

## INTERPRETAÇÃO

A frequência relativa dos minerais pesados nos sedimentos resulta, da sua resistência à meteorização e transporte, e às condições químicas a que foram sujeitos pós deposição. Por outro lado, a disponibilidade dos minerais nas áreas de alimentação do depósito condiciona o cortejo mineralógico. Deste modo, os sedimentos mostrarão uma associação de minerais pesados semelhante à distribuição dos mesmos na rocha-mãe, ou serão o resultado da influência das várias litologias presentes nas zonas de alimentação e, como tal, apresentarão uma associação mais complexa (princípios de filiação e sobreposição de fases, Pomerol, 1968).

A fracção designada como fracção densa dos sedimentos é constituída por minerais apresentando uma vasta gama de densidades, geralmente agrupados em dois conjuntos:

- fracção de minerais pesados com densidade inferior a 3,7, à qual pertencem andalusite, silimanite, turmalina, etc.:

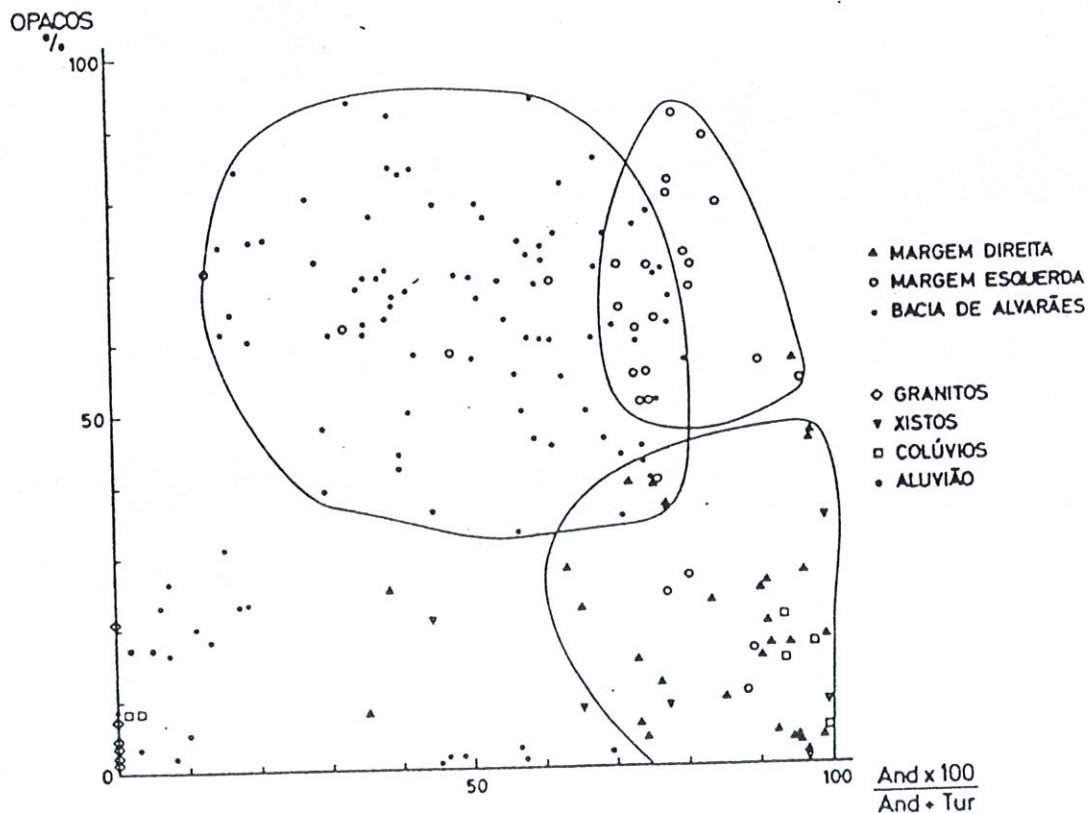


Fig. 4 - Diagrama de dispersão das amostras padrão e dos depósitos, função do conteúdo em minerais opacos e da razão  $100x \text{ andalusite}/(\text{andalusite} + \text{turmalina})$ .

- fracção constituída por minerais de densidade superior a 3,7, na qual se encontram anátase, cassiterite, zircão, minerais opacos e outros.

Sob a acção das correntes os grãos depositam-se função do seu comportamento hidráulico, que depende da dimensão e densidade dos minerais (Pomerol, 1968), observando-se a coexistência de grãos pequenos de minerais densos e grãos maiores de menor densidade.

As amostras padrão do aluvio e colúvios sobre granito (maior frequência de turmalina), mostram nítida influência desta litologia e as amostras relacionadas com rochas metamórficas mostram maior frequência de andalusite e maior dispersão mineralógica. O conteúdo em minerais opacos destes sedimentos padrão sujeitos a um transporte curto, é próximo do das rochas-mãe e dum modo geral baixo.

Os depósitos da margem direita do rio Lima evidenciam, por comparação com as amostras padrão, afluência de sedimentos resultantes da drenagem das vertentes próximas, a maioria de rochas metamórficas. As amostras do perfil 50 VC encontram-se "deslocadas" pois beneficiaram principalmente da desagregação do granito da Serra de Perre. Os depósitos da margem esquerda, embora próximos das vertentes graníticas, apresentam grande frequência de andalusite resultante dos sedimentos transportados longitudinalmente pelo rio. É visível a contribuição local de material granítico em algumas amostras do perfil 32 GL, maior frequência de turmalina, e metamórfico no perfil 64 PL, grande quantidade de andalusite e poucos minerais opacos.

A bacia de Alvarães recebeu a montante (1 CAR) sedimentos graníticos, aos quais se misturaram os provenientes das rochas silúricas metamorfizadas, principalmente dos afloramentos da região Portela Suza-Fragoso e de Vila de Punhe. A andalusite e outros minerais provenientes destas rochas foram transportados longitudinalmente, depositando-se nos sedimentos formados até juzante da bacia. As rochas do Complexo Xisto-Grauváquico, que afloram a oeste, não devem ter dado grande contributo para esta bacia, pois a disposição NNW-SSE das suas camadas subverticais condiciona a drenagem nestas rochas, desenvolvendo-se esta ao longo da superfície de estratificação, drenando para fora da bacia. Nalguns pontos desta bacia ocorreram "derrames" locais, ocasionando afluxo de sedimentos com baixo conteúdo em minerais opacos, visível em algumas amostras dos perfis 15 ALV e 25 VC. Os sedimentos do perfil 35 VC representam o depósito dum afluente na parte terminal da bacia, que recebeu principalmente sedimentos provenientes do granito próximo.

Todos os depósitos sugerem a ocorrência de alteração acentuada nas vertentes, destruindo-se as alterites durante o transporte posterior dos sedimentos para os depósitos, não sendo por isso observáveis nestes. A andalusite é um mineral de grande dureza e abundante nas rochas metamórficas da região, o que justifica a frequência elevada nalguns depósitos.

## DISCUSSÃO

A classe dimensional (500 a 62  $\mu\text{m}$ ), utilizada para estudo dos minerais pesados, abarca um leque relativamente alargado de dimensões, permitindo a observação conjunta da maioria dos minerais presentes na amostra. As imprecisões que poderiam advir da utilização destes limites, como por exemplo a sobre-elevação nas percentagens dos minerais presentes habitualmente nas dimensões maiores, é minimizada procedendo a:

- boa homogeneização da amostra;
- utilização dum mini-fraccionador de modo a obter a quantidade ideal para montagem na lâmina, utilizando todos os graos;
- contagem sistemática de todos os graos que aparecem numa faixa estreita deslocando a lâmina em direcções paralelas, com espaçamento constante.

A resistência dos minerais a todos os processos responsáveis pela formação dos depósitos é assunto de difícil generalização. De todos os estudos efectuados, Brewer (1976) considera a tabela de estabilidade apresentada por Pettijohn (1941) a mais significativa pois, dado o método como foi compilada, reflecte a persistência relativa dos minerais em sedimentos que se geraram em ambientes muito variados. Na versão actualizada desta tabela, Pettijohn *et al.* (1987), inclui a andalusite no grupo de minerais instáveis, supondo-se que seja pouco frequente nos sedimentos. No entanto outros autores, Duplaix (1948) e Parfenoff *et al.* (1970) afirmaram que se trata dum mineral frequente, por vezes abundante nos sedimentos. Esta situação observa-se nos depósitos estudados, onde a andalusite se associa a minerais que resistiram à alteração.

## CONCLUSÕES

O estudo dos minerais pesados, na fracção entre 500 a 62  $\mu\text{m}$ , dos depósitos da bacia de Alvarães e bacia do rio Lima permitiu a sua individualização, tendo-se concluído o seguinte:

- as espécies e frequência relativa dos minerais presentes nos depósitos registam os efeitos de forte alteração nas rochas que os forneceram;
- na bacia de Alvarães, é visível em alguns sedimentos do bordo desta, a influência de alimentação local, mas a maioria apresenta um cortejo mineralógico resultante da mistura durante transporte longitudinal;
- os depósitos da bacia do rio Lima, apresentam maior frequência de andalusite que os de Alvarães, individualizando-se as duas margens pela quantidade em minerais opacos;
- na margem direita os sedimentos possuem associação mineral e conteúdo em minerais opacos semelhante ao das rochas metamórficas e depósitos de vertente correlacionados, sugerindo grande contribuição de materiais locais sujeitos a um transporte curto;
- na margem esquerda a maioria dos depósitos receberam sedimentos fundamentalmente transportados ao longo do rio, sendo a andalusite proveniente principalmente dos afloramentos da margem oposta.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. G. Soares de Carvalho agradeço o apoio científico, sugestões e críticas.

## BIBLIOGRAFIA

Brewer, R., 1976: Fabric and mineral analysis of soils. New York: Krieger.

- Duplaix, S., 1948: Détermination microscopique des minéraux des sables. Librairie Polytechnique. Paris: Béranger.
- Parfenoff, A.; Pomerol, C.; Tourenq, J., 1970: Les minéraux en grains. Méthodes d'étude et détermination. Paris: Masson.
- Pettijohn, F.J.; Potter, P.E.; Siever, R., 1987: Sand and sandstone. London: Springer Verlag.
- Pomerol, Ch., 1968: Intérêt et applications de l'étude des minéraux lourds. Révue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique, 10, 383-396.
- Teixeira, C.; Medeiros, A.C.; Alves, C.A.M.; Moreira, M.M., 1969: Carta geológica de Portugal na escala 1:50.000. Notícia explicativa da folha 5-C (Barcelos). Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.
- Teixeira, C.; Medeiros, A.C.; Coelho, A.P., 1972: Carta geológica de Portugal na escala 1:50.000. Notícia explicativa da folha 5-A (Viana do Castelo). Lisboa: Serviços Geológicos de Portugal.



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

ASOCIACION ESPAÑOLA  
PARA EL ESTUDIO DEL  
CUATERNARIO



EL  
CUATERNARIO  
EN ESPAÑA  
Y PORTUGAL

VOLUMEN 1 - Madrid 1993



Esta obra ha sido editada por el  
INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA  
con la colaboración de  
T. ALEIXANDRE y A. PEREZ GONZALEZ

---

Depósito legal: M - 28.123 - 1993  
ISBN: 84-7840-155-5 (Obra completa)  
ISBN: 84-7840-156-3 (Tomo 1)  
Imprime: ADOSA - c/ Príncipe de Vergara, 210 - 28002 MADRID

## INDICE

### VOLUMEN 1

Historia de la Asociación Española para el Estudio del Cuaternario ..... I-IV

#### **SECCION/SECÇÃO A:**

Estratigrafía, Sedimentología y Geomorfología del Cuaternario/Estratigrafía,  
Sedimentología e Geomorfología.

#### **- Medios marinos/Meios marinhos**

Copresidentes: **C.J. Dabrío**  
**M. Ramos**

- .. DISTRIBUIÇÃO DOS MINERAIS PESADOS NA PLATAFORMA  
SETENTRIONAL DO MINHO ..... 1-7  
**J.P. CASCALHO; A.M. GALOPIM DE CARVALHO**
  
- .. SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA PLATAFORMA MINHOTA ..... 9-18  
**F. MAGALHAES; J.M. ALVEIRINHO DIAS; M.M. MATOS;**  
**A. M. GALOPIM DE CARVALHO**
  
- .. SHORT NOTE ON THE POST-CRETACEOUS SEDIMENTS OF THE  
RIA DE AVEIRO REGION ..... 19-24  
**F. ROCHA; C. GOMES**
  
- .. MODELO DE EVOLUCIÓN DE UNA COSTA ACANTILADA DURANTE  
EL CUATERNARIO: CAP DE LA NAU-PUNTA DE MORAIRA ..... 25-32  
**M. J. VIÑALS; M.P. FUMANAL**

#### **- Medios continentales/Meios continentais**

Copresidentes: **F. Díaz del Olmo**  
**G. Soares de Carvalho**

- .. APLICAÇÃO DO METODO TIPOLOGICO DE ZIRCOES A DETERMI-  
NAÇÃO DA ORIGEM DOS SEDIMENTOS (O EXEMPLO DOS ESTUA-  
RIOS DOS RIOS LIMA E MINHO-PORTUGAL) ..... 33-38  
**A. M. CAETANO ALVES**

Nota de los editores: Debido a que las impresoras españolas no reconocen la tilde,  
este carácter no figura en los trabajos escritos en portugués.

|    |   |         |
|----|---|---------|
| .. | CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DE LOS DEPÓSITOS<br>CARBONÁTICOS DE ORIGEN FLUVIAL EN EL VALLE DEL RÍO<br>BLANCO (ALTO JALÓN) .....               | 39-47   |
|    | C. AGUDO; J.A. GONZÁLEZ; E. SERRANO   |         |
| .. | APLICAÇÃO DO ESTUDO DE MINERAIS PESADOS A CARACTE-<br>RIZAÇÃO DOS DEPOSITOS DA BACIA DE ALVARAES E BACIA<br>DO RIO LIMA. (N W DE PORTUGAL) .....  | 49-55   |
|    | M.I. CAETANO ALVES  |         |
| .. | GEOMORFOLOGIA E DINAMICA QUATERNARIA NO SUDESTE DO<br>BRASIL .....  | 57-63   |
|    | L. COLTRINARI   |         |
| .. | AS COSTRAS CALCARIAS QUATERNÁRIAS DA REGIAO DE ALCA-<br>NENA A PERNES (RIBATEJO, PORTUGAL) .....  | 65-71   |
|    | F.E.L. COSTA  |         |
| .. | NOTAS SOBRE EL GLACIARISMO Y PERIGLACIARISMO CUATER-<br>NARIO DE LA SIERRA DE PEÑA LABRA (CORDILLERA CANTÁBRI-<br>CA) .....                       | 73-79   |
|    | E. DÍAZ MARTÍNEZ  |         |
| .. | LA DEPRESIÓN KÁRSTICA DE LA CAÑADA HERMOSA. RASGOS<br>GEOMORFOLÓGICOS .....   | 81-86   |
|    | M.T. ECHEVERRIA ARNEDE  |         |
| .. | FORMAS E DEPOSITOS GLACIÁRIOS E PERIGLACIÁRIOS DA<br>SERRA DE GERES-XURES (PORTUGAL, GALIZA). LEVANTA-<br>MENTO CARTOGRAFICO .....                | 87-98   |
|    | A. DE BRUM FERREIRA; J.R. VIDAL ROMANÍ; J.M. VILA-<br>PLANA; M.L. RODRIGUES; J.L. ZÉZERE; C. MONGE  |         |
| .. | ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO DE LAS ACUMULACIONES TRAVERTÍ-<br>NICAS Y TOBÁCEAS DEL ALTO VALLE DEL TAJO (PEÑALEN -<br>HUERTAPELAYO - GUADALAJARA) ..... | 99-109  |
|    | M.J. GONZÁLEZ AMUCHÁSTEGUI; J.A. GONZÁLEZ MARTÍN  |         |
| .. | ESTUDO EXOSCOPICO DE GRAOS DE QUARTZO DE DEPÓSITOS<br>DE ORIGEM FLUVIAL DO MINHO (PORTUGAL) .....   | 111-118 |
|    | D.M. INSUA PEREIRA; I. CAETANO ALVES  |         |
| .. | TERRAZAS Y GLACIS DEL RÍO EBRO EN NAVARRA .....   | 119-128 |
|    | B. LERANOS ISTURIZ  |         |