

# INTERPRETAÇÃO TECTÓNICA DE UM CONJUNTO DE LINEAMENTOS WNW-ESE OBSERVADOS EM IMAGENS LANDSAT DA MARGEM OESTE IBÉRICA

**Maria Carla KULLBERG**

Departamento de Geologia / LATTEX, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, Ed. C2, 5º Piso, 1749-016 LISBOA, Portugal  
E-mail: mcarlak@fc.ul.pt

**José Carlos KULLBERG**

Centro de Investigação em Geociências Aplicadas / Universidade Nova de Lisboa, Quinta da Torre, Monte de Caparica, 2825-114 CAPARICA, Portugal  
E-mail: jck@mail.fct.unl.pt

## ABSTRACT

The existence of satellite images of the West Iberian Margin allowed comparative study of images as a tool applied to structural geology. Interpretation of LANDSAT images of the Lusitanian Basin domain showed the existence of a not previously described WNW-ESE trending set of lineaments.

These lineaments are persistent and only observable on small scale images (*e.g.* approx. 1/200 000 and 1/500 000) with various radiometric characteristics. They are approximately 20 km long, trend  $120^{\circ} \pm 15^{\circ}$  and cross cut any other families of lineaments.

The fact that these lineaments are perpendicular to the Quaternary thrusts of the Lower Tagus Valley and also because they show no off-set across them, suggests that they resulted from intersection of large tensile fractures on the earth's surface. It is proposed in this work that these lineaments formed on a crustal flexure of tens of km long, associated with the Quaternary WNW-ESE oriented maximum compressive stress on the West Iberian Margin. The maximum compressive stress rotated anti-clockwise from a NW-SE orientation to approximately WNW-ESE, from Late Miocene to Quaternary times (RIBEIRO *et al.*, 1996).

Field inspection of the lineaments revealed zones of normal faulting and cataclasis, which are coincident with the lineaments and affect sediments of upper Miocene up to Quaternary age. These deformation structures show localized extension perpendicular to the lineaments, *i.e.* perpendicular to the maximum compressive direction, after recent stress data along the West Portuguese Margin (CABRAL & RIBEIRO, 1989; RIBEIRO *et al.*, 1996).

Also, on a first approach, the geographical distribution of these lineaments correlates well with earthquake epicenters and areas of largest Quaternary Vertical Movements within the inverted Lusitanian Basin (CABRAL, 1995).

## 1. INTRODUÇÃO

As imagens de satélite têm permitido a identificação de uma grande diversidade de estruturas lineares mais ou menos rectilíneas, de extensão muito variável (de alguns quilómetros a várias dezenas de quilómetros) atravessando a superfície da crosta terrestre.

Muitas vezes estas estruturas lineares são componentes importantes da morfologia da Terra, com sistemas de drenagem na sua dependência bem desenvolvidos, constituídos por canais quase rectilíneos e paralelos, mimetizando grandes fracturas sem deslocamento detectável, simplesmente tirando partido da menor resistência à erosão desses domínios.

A designação geral adoptada para estas macro estruturas lineares observadas em imagens de detecção remota, é a de lineamento. **Lineamento** define-se, então, como uma estrutura linear simples ou composta, cartografável, marcando um limite mais ou menos nítido entre regiões adjacentes que exibem padrões de textura, brilho ou tonalidade diferentes ou, simplesmente, uma linha com assinatura espectral contrastada. Esta classificação não tem qualquer implicação genética, é meramente descritiva e, para a maioria dos autores, deve ser utilizada apenas enquanto não se identifica correctamente a estrutura geológica a que corresponde o lineamento em observação.

Para muitos autores (por exemplo, AVERY & BERLIN, 1992; DRURY, 1993) a identificação de lineamentos em imagens de satélite é a metodologia mais adequada para o reconhecimento de possíveis falhas e fracturas. Normalmente, observam-se conjuntos de lineamentos, cada um com um azimute característico, definindo padrões com uma certa regularidade de comprimento e espaçamento relativo, que podem ser persistentes em áreas por vezes superiores a 10 mil quilómetros quadrados (NUR, 1982).

A presença de fracturas muito extensas é, com frequência, dificilmente reconhecível no campo, em contacto directo com as estruturas mas, pelo contrário, elas destacam-se com grande nitidez se observadas a grande altitude. Esta dificuldade de localização no terreno é devida, em parte, à grande escala a que estas estruturas ocorrem e à erosão que habitualmente se desenvolve à sua volta, mascarando a verdadeira natureza da estrutura macroscópica. Frequentemente, não se observam quaisquer deslocamentos de um lado e outro destas macro-fracturas. A ausência de deslocamento permite distinguir as fracturas com abertura das falhas, mas dificulta muito o trabalho do geólogo no campo, quando procura identificar estas estruturas e recolher informação que permita compreender a sua origem mecânica e o seu significado em relação aos processos tectónicos da crosta.

O presente trabalho resultou da análise de duas imagens pancromáticas multi-espectrais LANDSAT, na banda 6 (Infra-vermelho próximo), obtidas a 3 de Novembro de 1981, abrangendo o domínio geográfico da Bacia Lusitaniana. As imagens de satélite foram pré-processadas pela Telespazio para a ESA-EARTHNET (Agência distribuidora das imagens LANDSAT) e estão georeferenciadas à escala aproximada de 1/500 000.

Pretendeu-se investigar a possível existência, nesta região, de lineamentos não relacionados com as estruturas já conhecidas associadas à formação e evolução Meso-Cenozóica da Margem Oeste Ibérica. O reconhecimento de uma família de lineamentos que, aparentemente, intersecta indiferentemente as outras famílias identificáveis, não evidenciando eles próprios qualquer deslocamento, e para cuja ocorrência não se conhecem estruturas geológicas com significado na história geológica da Margem Oeste Ibérica, sugeriu um estudo mais detalhado sobre as características desses lineamentos e uma investigação preliminar sobre a natureza geológica de possíveis estruturas macroscópicas correlativas, que a seguir se apresenta.

## **2. CARACTERÍSTICAS DOS LINEAMENTOS OBSERVADOS**

Inicialmente estudaram-se duas imagens MSS LANDSAT (canal 6) abrangendo a totalidade do domínio geográfico da Bacia Lusitaniana mas, verificando-se que a localização dos lineamentos investigados estava compreendida, aproximadamente, entre os paralelos de Leiria e de Lisboa, área integralmente incluída numa das imagens (Fig. 1), dispensou-se a outra imagem. A Fig. 1 representa a imagem de satélite já descrita e sobre a qual, de entre várias famílias de lineamentos, a maioria correlacionáveis com estruturas geológicas conhecidas, se identificou a família orientada WNW-ESE, representada na Fig. 2. Esta família de lineamentos pode também ser observada em imagens de satélite a outras escalas ( $\approx 1/200\ 000$  e  $1/1\ 000\ 000$ ) e com características radiométricas diferentes (LANDSAT MSS 5 e 7, "falsas cores", SPOT cores naturais), mas a imagem reproduzida é a que apresenta melhores condições para o seu estudo.

Observando a Fig. 2 reconhecem-se várias características neste padrão de lineamentos:

- i) Os seus azimutes variam entre os valores extremos  $96^\circ$  e  $130^\circ$ , com moda a  $120^\circ$ ;

Fig.1 (página seguinte) - Imagem pancromática multi-espectral LANDSAT, na banda 6 (Infra-vermelho próximo), obtida a 3 de Novembro de 1981, abrangendo o domínio geográfico da Bacia Lusitaniana. Imagem pré-processada pela Telespazio para a ESA-EARTHNET (Agência distribuidora das imagens LANDSAT), à escala aproximada de 1/500 000. A representação dos lineamentos WNW-ESE interpretados sobre esta imagem encontra-se na Fig. 2.



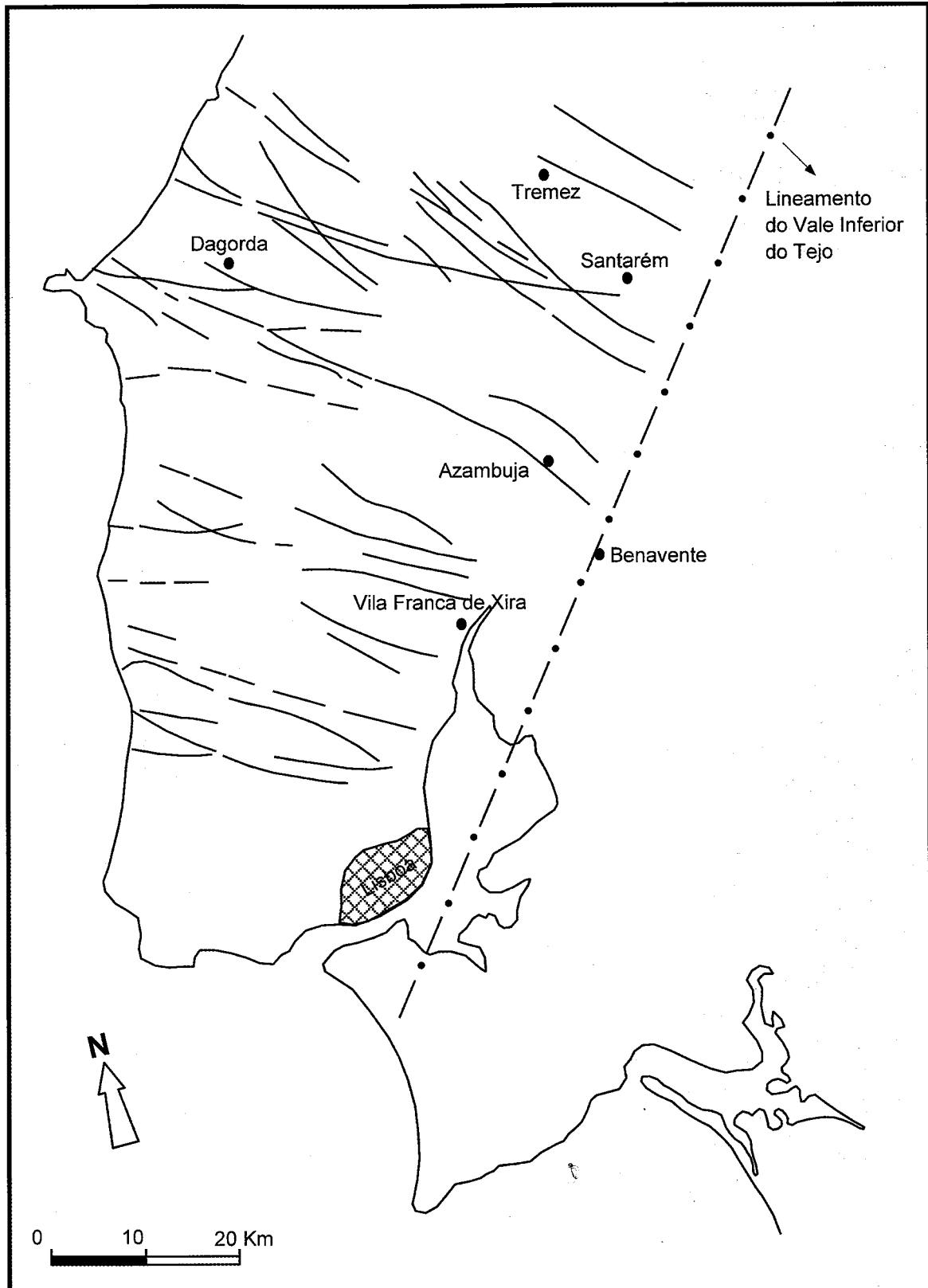


Fig. 2 - Padrão de distribuição da família de lineamentos WNW-ESE.

- ii) Estas orientações, são sub-perpendiculares ao lineamento do Vale Inferior do Tejo, marcado na figura, e não parecem ultrapassá-lo para E. O lineamento do Vale Inferior do Tejo, interpretado como um sistema de acidentes cavalgantes com vergência para E, com actividade no Quaternário (CABRAL, 1995) parece, pois, ser a fronteira oriental do domínio em que se desenvolveram estas estruturas;
- iii) Embora se detecte regularidade na distribuição espacial dos lineamentos, há dois claramente mais longos (com cerca de 50 km de comprimento), com uma orientação semelhante ( $\approx 115^\circ$  e  $125^\circ$ ), representados por um traço contínuo; os restantes, com menor comprimento, são sub-paralelos aos primeiros;
- iv) O comprimento médio da maioria dos lineamentos é da ordem dos 17,5 km a 20 km, embora alguns não ultrapassem os 5 km. O espaçamento entre lineamentos é bastante variável, da ordem dos 2 a 7 km;
- v) Os lineamentos mais extensos (cerca de 50 km de comprimento mínimo, uma vez que parecem prolongar-se para a plataforma continental) devem ser os mais importantes. São dos que melhor se detectam a qualquer das pequenas escalas analisadas (1/500 000 e 1/200 000) e também na composição de imagens de satélite a cor natural (escala aprox. 1/1 000 000) editada por EDISAT (1995). O lineamento localizado mais a norte (azimute aprox.  $115^\circ$ ) situa-se, no terreno, na região de Santarém, sobrepondo-se, obliquamente, a um importante vale morfo-estrutural com orientação aproximada  $140^\circ$  (coincidente com a de 2 lineamentos mais curtos presentes na região, intersectados pelo lineamento mais extenso); o lineamento localizado mais a sul atravessa todo o domínio continental, desde o Baleal a Azambuja, segundo o azimute  $125^\circ$ . Cerca de 3 km a sul do local onde este lineamento intersecta o do Vale Inferior do Tejo, localiza-se a povoação de Benavente;
- vi) A esta escala de observação e com os dados disponíveis, os lineamentos não são deslocados por falhas reconhecidamente activas e não deslocam os lineamentos com orientação ligeiramente diferente, quando se intersectam, como sugerem os lineamentos da região de Santarém.

### 3. CORRELAÇÃO DOS LINEAMENTOS WNW-ENE COM ALGUMAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

Com o objectivo de identificar a natureza geológica das macroestruturas representadas por estes lineamentos, seleccionaram-se quatro locais para observação no terreno.

#### 3.1 Região de Vale de Santarém (a sul de Santarém), (Figs. 3 e 4)

Como se pode observar na representação esquemática da Fig. 3, a sul do vale da ribeira de Rio-Maior, junto à povoação de Vale de Santarém, encontraram-se várias falhas com orientação sub-paralela aos lineamentos NW-SE, evidenciando movimentação normal com ligeira componente de desligamento direito, afectando o Miocénico superior e o Pliocénico. A movimentação nestes acidentes controla nitidamente a morfologia dos vales fluviais desta região.

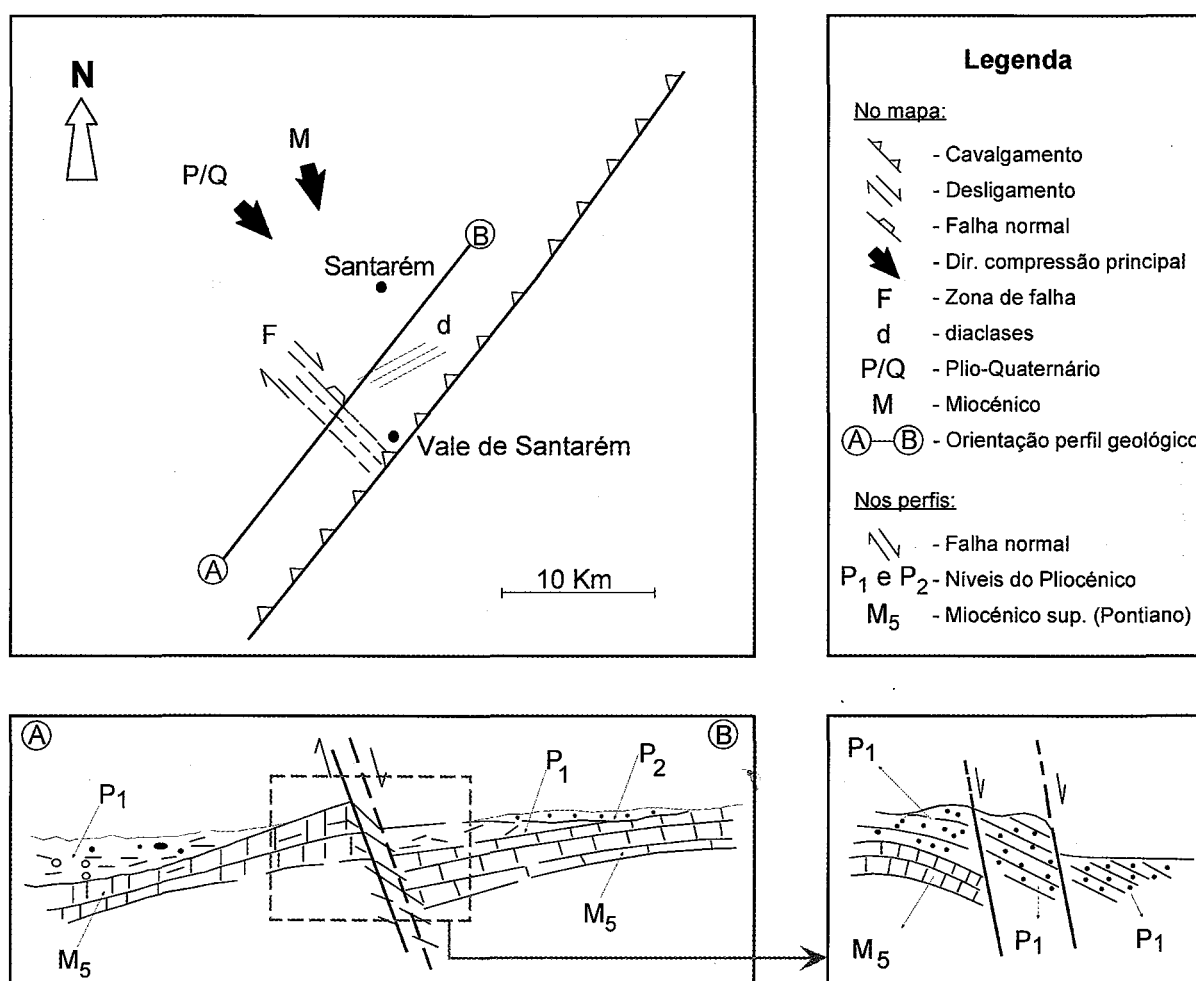


Fig. 3- Representação esquemática dos acidentes NW-SE localizados na região de Vale de Santarém. De notar o carácter distensivo dos acidentes NW-SE, que controlam a morfologia do vale.

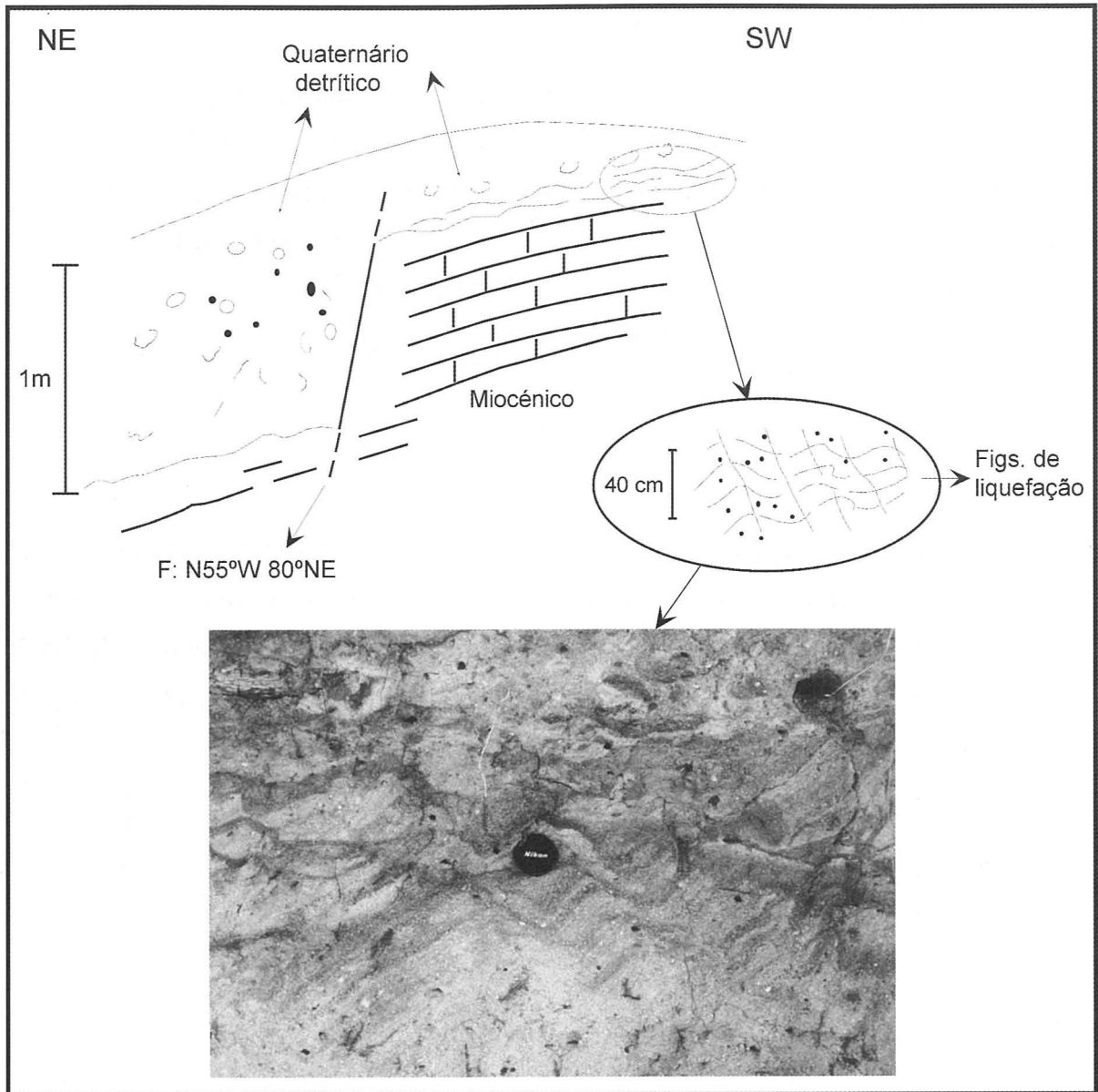


Fig. 4 - Esquema de um acidente distensivo afectando um depósito presumivelmente Quaternário, no interior do Vale da Ribeira de Rio Maior (Paúl de Anana).

No interior do vale da Ribeira de Rio Maior (Vale da Asseca), na região do Paúl de Anana, existe um afloramento esquematicamente representado na Fig. 4. A falha ( $125^{\circ}$ ,  $80^{\circ}$ NE) afecta nível margoso do Miocénico e depósito detrítico mal calibrado, cujo contacto está sublinhado pelo que aparenta ser um paleosolo. Pouco acima desse contacto podem observar-se figuras de liquefação. O depósito presumivelmente é Quaternário e a falha, que exhibe um rejeito aparente de cerca de 1 metro, de idade semelhante.



### 3.2 Região de Tremês (a norte de Santarém)

Nesta região procuraram-se estruturas geológicas correspondentes aos dois lineamentos NW-SE identificados na imagem de satélite. Verificou-se que nas zonas coincidentes com os lineamentos existem vales muito rectilíneos e razoavelmente aprofundados com a mesma orientação mas não se detectaram acidentes nem elementos de referência deslocados por possível falha oculta. Num afloramento de calcários do Miocénico superior, por ser uma litologia mais favorável, estão representadas 3 famílias de diaclases, todas sub-verticais, com azimutes, respectivamente,  $0^\circ$ ,  $55^\circ$  e  $120^\circ$ .

### 3.3 Região de Azambuja (Fig. 5)

Nesta região, durante o trabalho de campo efectuado, não se detectou a presença de estruturas geológicas relacionadas com a orientação dos lineamentos. As estruturas encontradas, conforme a representação esquemática da figura, estão dependentes de acidentes paralelos ao lineamento do Vale Inferior do Tejo, interpretado como um sistema de falhas cavalgantes vergentes para leste, com actividade no Quaternário (CABRAL, 1995).

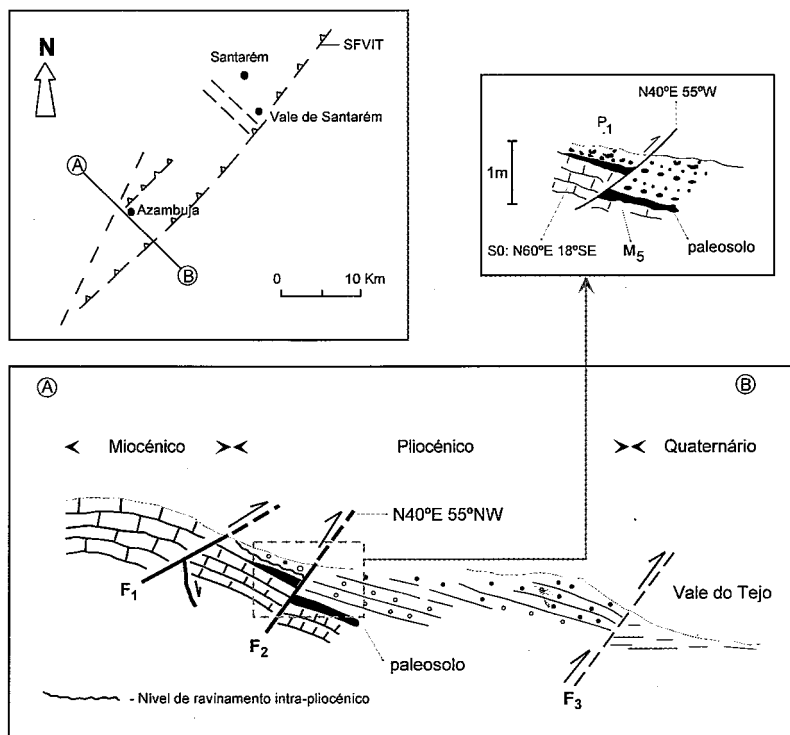


Fig. 5 - Representação esquemática, em planta e em corte, das estruturas recentes observadas na região de Azambuja. Notar acidente cavalgante com vergência para leste, subparalelo ao sistema de falhas do Vale Inferior do Tejo (SFVIT), afectando Pliocénico. A legenda da simbologia utilizada é comum à da Fig. 3. No corte geral interpretativo (NW-SE) destaca-se migração da deformação de NW para SE, em particular de  $F_2$  (intra Pliocénico) para  $F_3$  (Quaternário).

### **3.4 Pedreira de lignitos e diatomitos pliocénicos em Dagorda**

Nesta pedreira as diaclases são frequentes e, embora não se tenha efectuado um estudo sistemático, verificou-se que os seus planos são subverticais e os azimutes respectivos variam entre 130° e 144°. Observações preliminares indicam tratar-se de diaclases com abertura pura.

## **4. CORRELAÇÃO DOS LINEAMENTOS WNW-ENE COM INDICADORES DE TENSÃO**

A orientação dos lineamentos, perpendicular aos acidentes tectónicos quaternários do Vale Inferior do Tejo, e o facto de não ocorrerem deslocamentos relativos nos seus bordos, sugerem fortemente tratar-se de macro fendas de tracção formadas numa flexura decaquilométrica, associada à compressão horizontal máxima orientada segundo WNW-ESE, na Margem Continental Oeste Ibérica, no Quaternário (CABRAL & RIBEIRO, 1989; CABRAL, 1995; RIBEIRO *et al.*, 1996; RIBEIRO, *in press*).

A correlação destes lineamentos com os indicadores de tensão determinados em RIBEIRO *et al.* (1996) mostra o seguinte:

- i)** considerando os resultados fornecidos pela análise de forma da secção transversal de sondagens (*borehole breakouts*), que indicam uma direcção compressiva horizontal máxima centrada em 135° (NW-SE), observa-se um desvio de cerca de 15° no sentido directo, da orientação média da família de lineamentos;
- ii)** considerando os indicadores microtectónicos utilizados, para os quais foi determinada uma direcção compressiva horizontal máxima centrada em 149°, com um desvio padrão de 25°, dado o pequeno número de determinações (5) e, sobretudo, o facto de nenhuma delas estar localizada na área da Estremadura, precisamente onde estes lineamentos ocorrem, a correlação é muito pouco significativa. Perante os valores obtidos, o desvio detectado em relação à orientação dos lineamentos é da ordem dos 30°, com a orientação dos lineamentos sistematicamente rodada, em sentido directo, para WNW-ESE;
- iii)** com base em dados de soluções de mecanismos focais de sismos, o azimute determinado para a direcção compressiva horizontal máxima foi 131°; a correlação com a orientação dos lineamentos é neste caso a melhor de entre estes três tipos de indicadores de tensão, exibindo mesmo assim um desvio de cerca de 10° no sentido directo.

Atendendo à distribuição regional dos diversos indicadores de tensão, as correlações mais significativas são as obtidas com os dados de análise da forma da secção transversal de sondagens e com os indicadores sismológicos.

## 5. DISCUSSÃO

Para além de compreender a natureza e magnitude das estruturas cuja assinatura espectral pode corresponder aos lineamentos analisados, importa também investigar um pouco o enquadramento estrutural da sua ocorrência, no quadro da evolução geodinâmica da margem oeste ibérica.

Vários têm sido os estudos desenvolvidos tentando explicar a origem dos lineamentos a qual, de qualquer forma, envolve rotura crustal: rotura por cisalhamento (*shear failure*) ou por tracção (*tensile failure*).

Este parece ser o caso da maioria dos lineamentos identificados à superfície da crosta (NUR, 1982). Segundo o mesmo autor, os lineamentos correspondentes a macro-fendas de tracção parecem estabelecer entre si relações de dependência quanto à sua extensão, profundidade, largura de abertura da fenda e espaçamento entre fendas. Por outro lado, a abertura e subsequente fecho das fendas de tracção pode provocar a desagregação das rochas nas superfícies fracturadas, produzindo zonas de esmagamento. Como a fractura fica parcialmente obstruída com os fragmentos desta brechificação, podem formar-se zonas estreitas, com cerca de 10 a 30 m de largura, mecanicamente frágeis, bastante porosas e permeáveis à circulação de fluidos, portanto, muito susceptíveis à erosão. Como resultado, os efeitos da erosão são normalmente mais pronunciados nas fracturas com faixa de brechificação mais larga, ou seja, nas mais profundas, ao que corresponde uma assinatura espectral mais contrastada em relação às regiões envolventes, razão por que se tornam identificáveis em imagens de detecção remota de pequena escala.

As tensões compressivas intraplaca geradas pelas forças envolvidas no movimento das placas tectónicas podem atingir magnitudes capazes de promover a fracturação da crosta até profundidades da ordem dos 10 km ou superiores (NUR, 1982; STEPHENSON & CLOETINGH, 1991).

Por outro lado, R. STEPHENSON & S. CLOETINGH (1991) citam J. MARTINOD *et al.* (1989) os quais desenvolveram experiências em modelos analógicos da litosfera continental, incorporando quatro camadas com reologias distintas; os modelos mostraram a formação e desenvolvimento de dobras litosféricas, por mecanismos de flexão (*buckling*), com comprimentos de

onda superiores a 50-100 km, precedendo a ocorrência de fracturação (MARTINOD & DAVY, 1994). As tensões envolvidas são de magnitude idêntica ou inferior às referidas anteriormente e, após a análise dos seus próprios resultados, STEPHENSON & CLOETINGH (1991) concluem que "... o dobramento da litosfera continental, embora difícil de documentar, é um mecanismo importante na deformação continental a larga escala. Em particular, a litosfera continental estirada, com uma história de sobreposição de sequências sedimentares espessas, parece ser a localização preferencial para este tipo de dobramento."

Recentemente, M. GERBAULT *et al.* (1999), utilizando modelos numéricos demonstraram que as estruturas periódicas observadas em muitas regiões compressivas do Globo, são o resultado do desenvolvimento de flexuras litosféricas de grande comprimento de onda (200-400 km) cuja evolução se processa por etapas. Nos estádios precoces, independentemente da espessura da camada competente, ocorre a geração de falhas à superfície (onde a resistência elástica é mínima) formando heterogeneidades descontínuas que, com o tempo, se propagam para a profundidade. Quando toda a camada competente atinge o seu limite de elasticidade (após cerca de 3 Ma, o que corresponde aproximadamente a um encurtamento de 3%) inicia-se, rapidamente, o desenvolvimento de dobras flexurais com um comprimento de onda dominante estável.

Nestas flexuras podem desenvolver-se estruturas distensivas, sobretudo nas zonas de charneira, subperpendiculares a estas, promovidas por distensão secundária perpendicular à direcção compressiva principal (PRICE & COSGROVE, 1996).

Atendendo ao exposto e às características dos lineamentos WNW-ESE analisados, poder-se-á então sugerir que estes, em média, atingem profundidades da ordem dos 2,5 a 3,5 km, enquanto os dois mais extensos podem ser mais profundos (provavelmente com cerca de 10 km), devendo estar relacionados com uma estrutura flexural desenvolvida na Margem Oeste Ibérica à escala litosférica.

Para explicar a geração de macro-fendas de tracção na crosta, são conhecidas seis causas possíveis: i) deformações à escala planetária; ii) deformações associadas a falhamento; iii) carga glacial e fluvial; iv) contracção térmica da crosta; v) movimentos tectónicos de grande escala e, vi) desenvolvimento de flexuras à escala litosférica. A. NUR (1982) favorece claramente esta última hipótese como principal responsável pela geração de fracturas com vários quilómetros de comprimento, o que está em concordância com as conclusões apresentadas por R. STEPHENSON & S. CLOETINGH (1991).

A capacidade de aprofundamento destas macro-fendas é extremamente importante no fornecimento de condutas para a circulação de fluidos na crosta (FYFE *et al.*, 1978), os quais po-

dem ter efeitos importantes na modificação da resistência mecânica da crosta, como por exemplo, induzindo sismos ou aumentando o potencial geotérmico nessas regiões .

Neste estudo, a correlação dos lineamentos WNW-ESE com estruturas geológicas no terreno sugere que os de direcção aproximadamente NW-SE, localizados na região de Santarém, sejam mais antigos que os de direcção WNW-ESE. De facto foi nesta região que se encontraram estruturas de deformação associadas a acidentes distensivos (falhas normais) com orientação aproximadamente NW-SE, afectando o Miocénico superior e o Pliocénico (cf. Fig. 3), os quais controlam igualmente a morfologia local. O acidente que afecta o depósito considerado mais recente (Fig. 4) tem uma orientação mais próxima de WNW-ESE.

Na região de Azambuja, assim como na Pedreira de diatomitos de Dagorda, a deformação geológica investigada apresenta um carácter mais difuso. Na Azambuja não se detectou a presença de estruturas com orientação semelhante à dos lineamentos WNW-ESE - a deformação observada parece estar sobretudo dependente do sistema de falhas do Vale Inferior do Tejo (Fig. 5). Na Pedreira de Dagorda a deformação está associada a diaclases orientadas segundo um azimute médio de  $137^{\circ} \pm 7^{\circ}$ , correspondendo a tracção segundo uma direcção aproximadamente NE-SW, induzida por compressão máxima com o mesmo azimute das diaclases ( $\approx 137^{\circ}$ ) e expressa por cavalgamentos e dobras (CABRAL, 1995). Em ambos os casos as unidades afectadas são do Pliocénico.

De um modo geral, a distribuição geográfica destes lineamentos pode ser correlacionada com uma região onde existem registos de actividade sísmica moderada, com alguns epicentros localizados no alinhamento dos lineamentos mais importantes, correspondendo igualmente a uma vasta área onde os movimentos verticais registados no Quaternário são significativos, no interior da Bacia Lusitaniana invertida (CABRAL, 1995).

Quanto à correlação com indicadores de tensão, a melhor correspondência foi, sem dúvida, a obtida com os indicadores sismológicos. Admitindo um modelo de comportamento mecânico para a crosta continental do tipo visco-elástico na cobertura sedimentar e elasto-plástico no soco, então, poder-se-á admitir que os lineamentos WNW-ESE são a manifestação do campo de tensão actual, em profundidade.

De facto, no primeiro caso, a recuperação da deformação é bastante dependente do tempo, o que significa que o material conserva durante muito tempo a "memória" dos estados de deformação que o vão afectando. Nestas condições, as estruturas representadas na cobertura sedimentar reflectem uma orientação da compressão horizontal máxima resultante da interferência entre o campo de tensão mais antigo e o actual. O comportamento mecânico do soco, com

uma taxa de recuperação da deformação muito mais elevada, gera mais facilmente estruturas relacionadas com o campo de tensão actual, sem "memória" das deformações mais antigas.

## 6. CONCLUSÕES

Em conclusão, interpretam-se os lineamentos WNW-ESE como correspondentes a macro-fendas de tracção resultantes da deformação mais recente a que tem estado submetida a Margem Oeste Ibérica, que não actuou ainda o tempo necessário para produzir rotura por cisalhamento à superfície. Esta conclusão é consistente com a existência continuada de um estado de tensão intra-placa nesta região, provavelmente desde o Miocénico final até à actualidade, com variação progressiva da orientação da tensão compressiva horizontal máxima, no sentido directo, no Pliocénico e Quaternário (cf., RIBEIRO *et al.*, 1996).

As macro-fendas de tracção sugerem o desenvolvimento actual, na Margem Oeste Ibérica, de uma flexura litosférica em domínio continental estirado, de grande raio de curvatura (com comprimento de onda mínimo de 50 km) (Fig. 6), com o eixo orientado segundo NNE-SSW, paralelamente à direcção da zona de subducção em desenvolvimento na fronteira crosta continental estirada-crosta oceânica (CABRAL & RIBEIRO, 1989), a qual corresponderia ao limite ocidental da dobra; as fendas de tracção, profundas, estão relacionadas com o estado de tensão intra-placa induzido pela compressão a que está sujeita toda esta região, com geração de dobramento flexural com estiramento em  $\underline{b}$  (Fig. 7), como já tinha sido sugerido por R. DIAS *et al.*, (1995).

Os lineamentos WNW-ESE devem ser, em domínio continental, estruturas equivalentes às lineações do géoide em domínio oceânico (RIBEIRO, 1996 e RIBEIRO *in press*) com variação de volume por deformação menos acentuada em domínio continental, que em domínio oceânico.

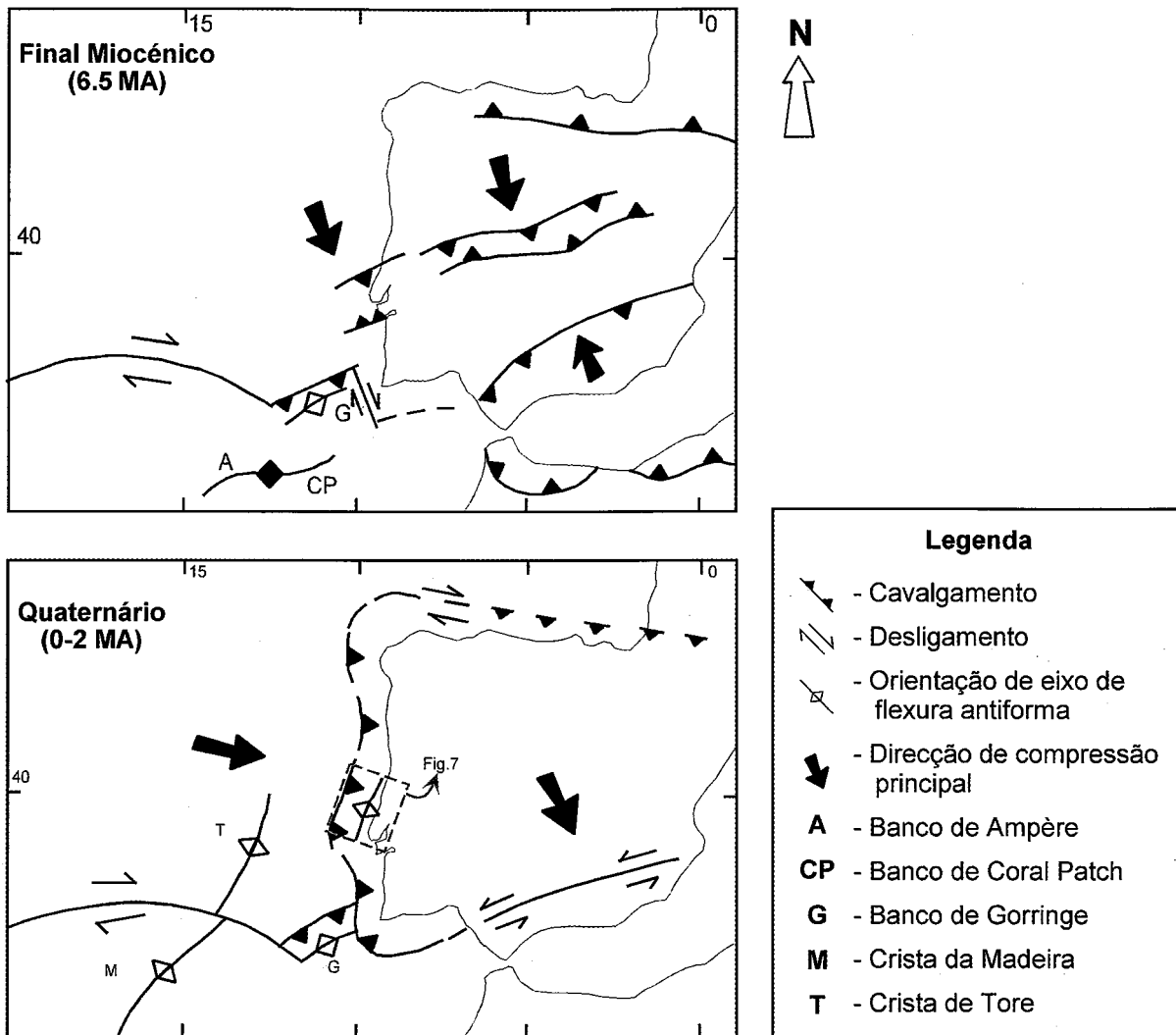


Fig. 6 - Modelo simplificado das estruturas mais importantes na Ibéria e respectiva Margem Ocidental há aproximadamente 6 MA e na actualidade. As setas a negro representam a direcção da compressão horizontal máxima. De notar, no Quaternário, o desenvolvimento incipiente de uma zona de subducção na fronteira crosta oceânica/crosta continental estirada, acompanhada pela geração de uma macroflexura na margem continental, com eixo aprox. NNE-SSW, paralelo à fronteira crosta continental estirada/crosta oceânica e à correspondente zona de subducção (adaptada de CABRAL, 1995; RIBEIRO, *in press*).

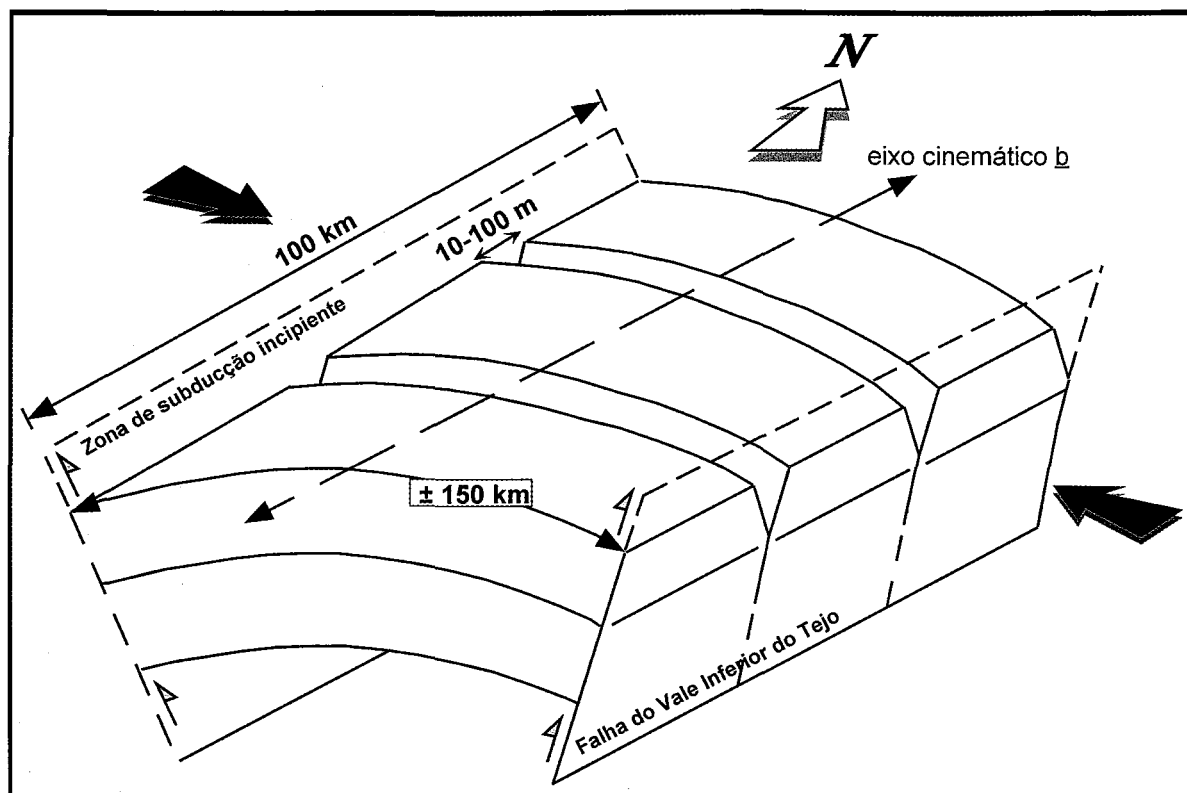


Fig. 7- Representação esquemática ampliada da macroflexura desenvolvida na margem continental ocidental da Ibéria, com eixo aprox. NNE-SSW, ao longo do qual se produzirá a tracção responsável pela formação e abertura das macro-fendas de tracção materializadas na família de lineamentos WNW-ESE, de acordo com um

## AGRADECIMENTOS

O trabalho de campo realizado foi financiado pelo projecto "Milupobas - multidisciplinary investigations leading to advanced knowledge of the Lusitanian and Porto basins of Portugal and their hydrocarbon potential" (EC Contract n.º JOU2-CT94-0348).

Gostaríamos de expressar o nosso agradecimento aos colegas A. Ribeiro, J. Cabral e P. Terrinha, cujas críticas e sugestões, apresentadas durante o desenvolvimento do trabalho e após leitura atenta do manuscrito, muito o beneficiaram. A Cleia Ribeiro o nosso muito obrigado pelo cuidado e dedicação com que realizou as primeiras versões das ilustrações.

## BIBLIOGRAFIA

- AVERY, T.E. & BERLIN, G.L. (1992) - Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation. *Macmillan Publ. Comp.*, 472 p.
- CABRAL, J. (1995) - Neotectónica em Portugal Continental. *Mem. Serv. Geol. Port.*, **31**: 265 p.
- CABRAL, J. & RIBEIRO, A. (1989) - Incipient subduction along the West-Iberia Margin. *28th Int. Geol. Cong. Washington, D.C.*, **1/3**: 223 (abstracts).
- DIAS, R., RIBEIRO, A., CABRAL, J., TERRINHA, P., BRANDÃO SILVA, J. & DIAS, R. P. (1995) - Constriction in incipient to mature curved orogenic belts with centripetal vergence, *In COB '95 - Curved Orogenic Belts: their nature and significance*, 4p. (abstract).



- DRURY, S.A. (1993) - Image Interpretation in Geology. *Allen & Unwin*, 243 p.
- FYFE, W. S., PRICE, N. J. & THOMPSON, A. B. (1978) - Fluids in the Earth's Crust. *Elsevier*.
- GERBAULT, M., BUROV, E. B., POLIAKOV, A. N. B. & DAIGNIÈRES, M. (1999) - Do faults trigger folding in the lithosphere? *Geophys. Res. Letters*, **26(2)**: 271-274.
- MARTINOD, J., DAVY, P. & COBBOLD, P. R. (1989) - Continental buckling in experiment and in nature. *Terra Abstr.*, **1**: 236.
- MARTINOD, J. & DAVY, P. (1994) - Periodic instabilities during compression of the lithosphere: 2. Analogue experiments. *J. Geophys. Res.*, **99**: 12057-12069
- NUR, A. (1982) - The origin of tensile fracture lineaments. *Journal of Structural Geology*, **4(1)**: 31-40.
- PRICE N. J. & CROSGROVE J. W. (1990) - Analysis of geological structures, *Cambridge University Press*, 502p.
- RIBEIRO, A. (1996) - Soft Plate Tectonics Reviewed. *Gaia*, **12**: 33-36.
- RIBEIRO, A. (2001) - Soft Plate and Impact Tectonics. *Springer (in press)*.
- RIBEIRO, A., CABRAL, J, BAPTISTA, R. & MATIAS, L. (1996) - Stress Pattern in Portugal Mainland and the adjacent Atlantic region, West Iberia. *Tectonics*, **15(2)**: 641-659.
- STEPHENSON, R. A. & CLOETINGH, S. A. P. L (1991). - Some examples and mechanical aspects of continental lithospheric folding, *Tectonophysics*, **188**: 27-37.