

Dissertação para obtenção do grau de Mestre  
Universidade de Évora



# INFLUÊNCIA DE ANISOTROPIAS NA GÉNESE DE DOBRAMENTOS ASSOCIADOS A ZONAS DE CISALHAMENTO

**Catarina Alexandra Rodrigues Matos**

Orientado por: Doutor Rui Manuel Soares Dias

Esta Dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo Juri.

Maio de 2003

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre  
Universidade de Évora

# Agradecimentos

Gostaria de expressar o meu agradecimento ao meu orientador Dr. Rui Manuel Soares Dias por todos os conhecimentos que me ensinou e pela disponibilidade e amizade com que me orientou durante este percurso.

Quero também agradecer aos amigos António Ribeiro e Naíma Adnane pela companhia e pelo espírito crítico com que me acompanharam no campo.

A todos os funcionários do Pólo de Estremoz pela atenção e em particular à Dra. Isabel Machado pela amizade, à Florbela pelo apoio burocrático e à D. Joaquina pela ajuda no Laboratório de Tectónica Experimental e Microtectónica da Universidade de Évora.

Ao amigo Rodrigo Rocha pela disponibilidade informática. E a todos aqueles amigos que de alguma forma contribuíram para o meu percurso geológico.

Aos meus pais por sempre me apoiarem e me incentivarem, o meu muito obrigado por estarem sempre presentes.

Ao Marcos pela força para continuar...

Coimbra, 11 de Janeiro de 2002

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| Agradecimentos .....   | 2  |
| I. INTRODUÇÃO .....  | 7  |
| I.1. A Intenção .....  | 8  |
| I.2. O Trabalho Realizado .....  | 9  |
| II. GÉNESE DE DOBRAMENTOS EM CORREDORES DE<br>CISALHAMENTO .....                             | 10 |
| II.1. Introdução .....   | 11 |
| II.2. A Deformação Varisca de Zawiát Moulay Brahim – Alto Atlas Ocidental,<br>Marrocos ..... | 13 |
| II.2.1. Enquadramento Regional .....   | 13 |
| II.2.1.1. O Varisco do Alto Atlas Ocidental .....  | 17 |
| II.2.1.2. Estratigrafia .....  | 18 |
| II.2.2. O corte de Zawiát Moulay Brahim .....  | 20 |
| II.2.2.1. Introdução .....   | 20 |
| II.2.2.2. Estruturas .....   | 22 |
| II.2.2.2.1. Zona A .....   | 24 |
| II.2.2.2.2. Zona B .....   | 27 |
| II.2.2.2.3. Zona C .....   | 30 |
| II.2.2.2.4. Zona D .....   | 31 |
| II.2.2.2.5. Zona E .....   | 38 |
| II.2.2.2.6. Zona F .....   | 38 |
| II.2.2.2.7. Zona G .....   | 43 |
| II.2.2.2.8. Zona H .....   | 44 |
| II.2.2.2.9. Zona I .....   | 52 |
| II.2.2.3. Síntese Conclusiva .....   | 54 |
| II.3. Modelação Analógica - Marrocos .....   | 61 |
| II.3.1. Introdução .....   | 61 |

|  |     |
|--|-----|
| II.3.2. Equipamento .....  | 63  |
| II.3.3. Materiais e Metodologia .....  | 64  |
| II.3.4. Transpressão com ângulo de convergência de 45° .....                             | 65  |
| II.3.4.1. Introdução .....   | 65  |
| II.3.4.2. Experiências sem anisotropia .....   | 66  |
| II.3.4.3. Experiências com anisotropia paralela à parede fixa .....                      | 69  |
| II.3.4.4. Experiências com anisotropia a 35° da parede fixa .....                        | 72  |
| II.3.4.4.1. No sentido sub-paralelo à direcção de compressão .....                       | 72  |
| II.3.4.4.2. No sentido sub-perpendicular à direcção de compressão ..                     | 75  |
| II.3.5. Transpressão com ângulo de convergência de 22,5° .....                           | 77  |
| II.3.5.1. Introdução .....   | 77  |
| II.3.5.2. Experiências sem anisotropia .....   | 79  |
| II.3.5.3. Experiências com anisotropia paralela à parede fixa .....                      | 81  |
| II. 3.6. Síntese Conclusiva .....  | 84  |
| II.4. Conclusões .....   | 87  |
| <br>   |     |
| III. PARTIÇÃO DA DEFORMAÇÃO EM REGIMES TRANSPRESSIVOS<br>INDUZIDA POR ANISOTROPIAS ..... | 91  |
| III.1. Introdução Teórica .....  | 92  |
| III.2. Deformação Proterózoica no Orógeno Brasileiro Setentrional – Brasil ..            | 102 |
| III.2.1. Enquadramento Geodinâmico.....  | 102 |
| III.2.2. Compartimentação Tectónica .....  | 104 |
| III. 2.2.1. Antepaís Externo .....   | 107 |
| III.2.2.2. Antepaís Interno .....  | 108 |
| III.2.2.3. Núcleo Metamórfico Externo .....  | 110 |
| III.2.3. Descrição Local.....  | 112 |
| III.2.4. Interpretação do Sistema Arraias – Campos Belos .....                           | 117 |
| III.3. Modelação Analógica .....   | 120 |
| III.3.1. Equipamento .....   | 120 |
| III.3.2. Materiais .....   | 120 |
| III.3.3. Metodologia de Análise.....   | 122 |
| III.3.4. Experiências Laboratoriais e Tratamento dos Dados .....                         | 127 |

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| III.3.4.1. Experiência 1 .....        | 128 |
| III.3.4.2. Experiência 2 .....        | 130 |
| III.3.4.3. Experiência 3 .....        | 132 |
| III.3.4.4. Experiência 4 .....        | 134 |
| III.3.4.5. Experiência 5.....         | 137 |
| III.3.4.6. Experiência 6.....         | 139 |
| III.3.4.7. Experiência 7.....         | 141 |
| III.3.4.8. Experiência 8.....         | 143 |
| III.3.5. Análise dos resultados ..... | 146 |
| III.4. Conclusões .....               | 148 |
| <br>                                  |     |
| IV. CONCLUSÕES GERAIS .....           | 152 |
| <br>                                  |     |
| Bibliografia .....                    | 155 |

“Cada região tem a sua história própria,  
e a história do Mundo é feita da justaposição de acontecimentos locais.

A procura dos arquivos jamais ficará acabada.

A Geologia é uma Ciência de campo.  
Nenhuma lei geral da evolução nos dispensará de percorrer  
o Mundo de martelo na mão!”

*Gabriel Gohau*

# I. INTRODUÇÃO



# I. INTRODUÇÃO GERAL

Este trabalho teve como intuito a obtenção do grau de Mestre em Cartografia Geológica, pela Universidade de Évora e foi realizado durante o ano de 2001/2002.

## I.1. A Intenção

Como objectivo desta dissertação de Mestrado pretende-se o estudo da influência de anisotropias na génese de dobramentos formados em associação com zonas de cisalhamento.

Para levar a bom porto tal trabalho planeou fazer-se cartografia estrutural de zonas de cisalhamento onde fosse possível encontrar tais influências e, caso isto se confirmasse passar-se-ia então para o Laboratório de Tectónica Experimental e Microtectónica da Universidade de Évora com o intuito de fazer modelação analógica passível de confirmar ou não os dados colhidos no campo.

A intenção final desta tese será perceber como, porquê e até que ponto é que as anisotropias poderão confinar a deformação, e para isso criar um modelo que explique os diferentes aspectos que a deformação pode assumir, porque é ela algumas vezes homogénea e outras vezes particionada com partição total ou com partição parcial da deformação.

## **I.2. O Trabalho Realizado**

Para realizar o trabalho proposto foram escolhidas duas áreas de referência: a primeira é a zona de Zawiat Moulay Brahim pertencente à Orogenia Varisca, situada nas Montanhas do Alto Atlas Ocidental em Marrocos; a segunda é o sistema de Arraias – Campos Belos pertencente à Orogenia Brasileira – Proterozóico, localizado na Faixa Brasília no Brasil.

Nas áreas referidas foram efectuados estudos de pormenor e de cartografia estrutural que permitiram definir zonas de deformação nas quais se obtiveram o maior número de dados possíveis de forma a ter a percepção do tipo de estruturas existentes e da sua relação com anisotropias pré-existentes.

Ainda com o interesse de perceber estas relações, foi realizada modelação analógica onde se efectuaram vários testes de Transpressão.

Durante as experiências laboratoriais foram utilizados na prensa transpressiva materiais diferentes com a intenção de simular o tipo de litologias presentes em cada área estudada. Os resultados obtidos através desta modelação foram aplicados, no primeiro tipo de experiências transpressivas ao Varisco de Marrocos, no segundo tipo ao Proterozóico de Arraias – Campos Belos, Brasil.

## II. GÉNESE DE DOBRAMENTOS EM CORREDORES DE CISALHAMENTO

## II. GÉNESE DE DOBRAMENTOS EM CORREDORES DE CISALHAMENTO

### II.1. Introdução

Este capítulo pode subdividir-se em duas partes essenciais, uma primeira parte de campo e uma segunda de laboratório.

A zona de trabalho de campo onde se realizou cartografia estrutural foi a zona de Zawiat Moulay Brahim, nas montanhas do Alto Atlas Ocidental em Marrocos.

Realizou-se um levantamento geológico analisando as variações entre as litologias pertencentes ao Varisco (mais especificamente ao Viseano) e um levantamento mais pormenorizado e intensivo das estruturas existentes no local, uma vez que estas sofreram deformação durante a Orogenia Varisca.

Os dados colhidos *in situ* seriam depois tratados por forma a serem agrupados e a construir com eles mapas estruturais, perfis, estereogramas, diagramas de densidades, e por fim a poderem ser interpretados de modo a que se pudesse perceber perante que tipo de deformação se estava. Quantas fases de deformação podiam ser indentificadas? Se a deformação seria homogénea ou heterogénea; se naquela zona a deformação varisca teria actuado toda da mesma forma ou se pelo contrário se poderiam separar zonas de maior e de menor deformação? Se estaríamos perante regimes dúcteis ou em regimes frágeis; em andares estruturais mais baixos ou em andares estruturais altos? Se a deformação seria transcorrente ou transpressiva? E até que ponto as anisotropias existentes teriam ou não influência na génese de dobramentos?

Depois de realizado o trabalho de campo e a sua interpretação passou-se ao Laboratório de Tectónica Experimental e Microtectónica da Universidade de Évora para se induzirem modelos de transpressão com diferentes percentagens de cisalhamento simples e de cisalhamento puro. Estes modelos foram construídos e induzidos com a ajuda de uma prensa que simulava o campo de tensões (neste caso apenas a tensão compressiva máxima –  $\sigma_1$ ) existente durante uma fase de deformação.

Foram induzidos vários modelos diferentes com o intuito de se perceber melhor a relação entre transpressão homogénea e transpressão com partição da deformação, e também por forma a identificar possíveis factores responsáveis por essa diferenciação.

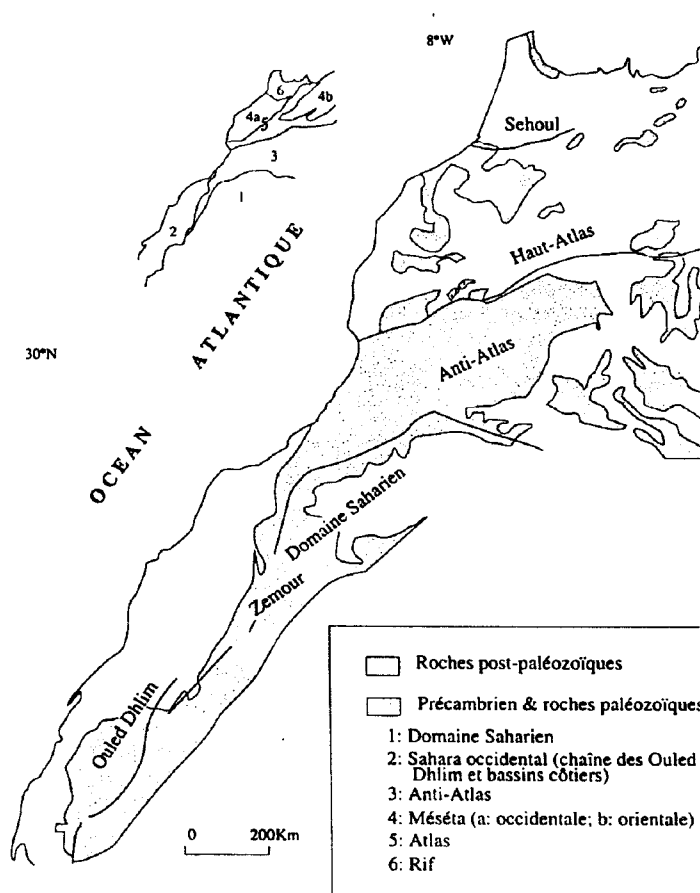
Ao observar as experiências de modelação analógica pretendia-se colher dados suficientes e clarificadores para que pudessem ser tratados construindo modelos teóricos, tabelas e gráficos de evolução da deformação ao longo de cada experiência, de modo a poder realizar-se uma interpretação coerente.

A intenção destas experiências era também a de se poderem comparar os resultados de laboratório com os resultados de campo. E, caso isso fosse possível e houvesse compatibilidades, poder adaptá-las à situação de deformação de Zawiya Moulay Brahim na Orogenia Varisca em Marrocos.

## II.2. A Deformação Varisca de Zawiât Moulay Brahim - Alto Atlas Ocidental, Marrocos

### II.2.1. Enquadramento Regional

Marrocos subdivide-se em seis grandes domínios de inegável importância (segundo Piqué, 1994): o domínio Sahariano e pré-Sahariano (e Sahara Ocidental); o domínio de Marrocos Oriental ou Meseta Oriental; o domínio de Marrocos Ocidental ou Meseta Ocidental; o domínio do Anti-Atlas; o domínio do Atlas e o domínio do Rif (figura 1).

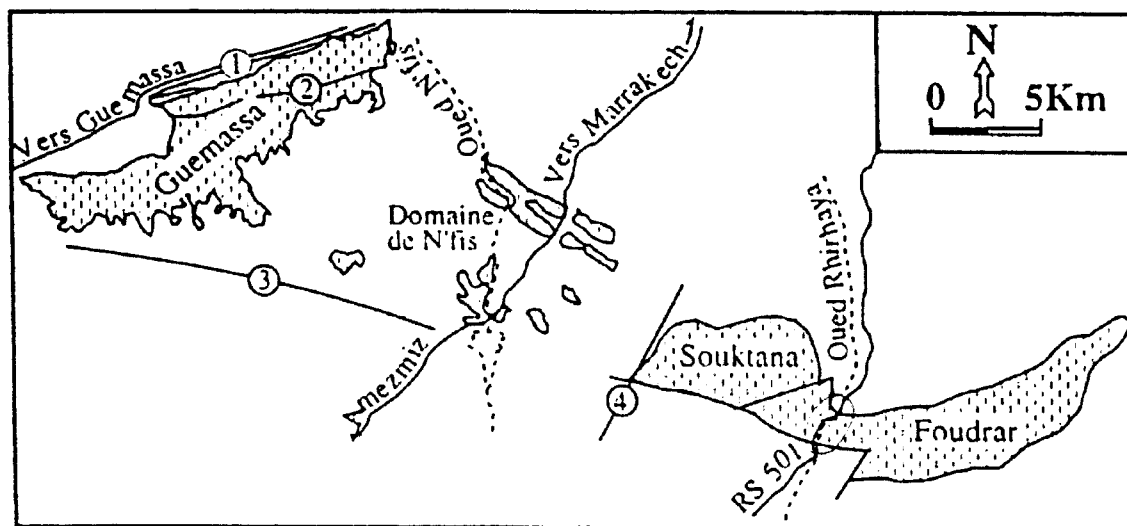


**Figura 1** – Os seis domínios geológicos de Marrocos (Piqué, 1994). 1 e 2 - Domínio Sahariano e Sahara Ocidental; 3- Anti-Atlas; 4- Meseta (a- ocidental, b- oriental); 5- Atlas; 6- Rif.

A sucessão de vários ciclos orogénicos (ciclo Pré-Câmbrico, ciclo Varisco e ciclo do Atlas) está na origem de toda a configuração actual de Marrocos.

A zona sobre a qual incidiu este estudo está situada nas montanhas do Alto Atlas Ocidental a SSW de Marrakech e, corresponde à designada Meseta Marroquina. Esta corresponde por sua vez às duas grandes províncias chamadas habitualmente por Meseta Oriental e Meseta Ocidental; a junção entre elas é chamada “Zona de Transição” e é caracterizada por uma grande instabilidade tectónica durante o Carbónico.

A área estudada corresponde à Meseta Ocidental e situa-se entre dois maciços de idades Paleozóicas: o maciço de Souktana e o Maciço de Foudrar; mais particularmente no Maciço de Foudrar (figura 2).



**Figura 2** – Afloramentos Paleozóicos do segmento sul da Meseta Marroquina (Felenc et al, 1987, modificado). Da esquerda para a direita: Maciço de Guemassa; Domínio de N'fis; Maciço de Souktana; Maciço de Foudrar.

- 1- Falha de Guemassa;
- 2- Falha Mediana;
- 3- Falha de Lalla Takerkoust;
- 4- Falha d'Ait Khald.

O maciço de Souktana está situado na vertente Norte do Alto Atlas de Marrakech e tem acesso pela estrada R.S. 501 (Marrakech – Asni). Este maciço faz parte do Alto Atlas de Marrakech e corresponde às elevações do soco paleozóico na orogénese Atlásica. O ponto culminante do soco está a 1448 m. A Oeste, este maciço é limitado pela planície de Haouz (figura 3) de forma bastante rectilínea, o que corresponde a uma falha designada Falha de Ait Khald. A Sul, existe também uma grande falha orientada WNW, que separa o maciço de Souktana e os terrenos secundários que formam a placa de Kik. A Este do maciço aflora uma outra massa paleozóica mais extensa, orientada E-W e designada por Maciço de Foudrar.

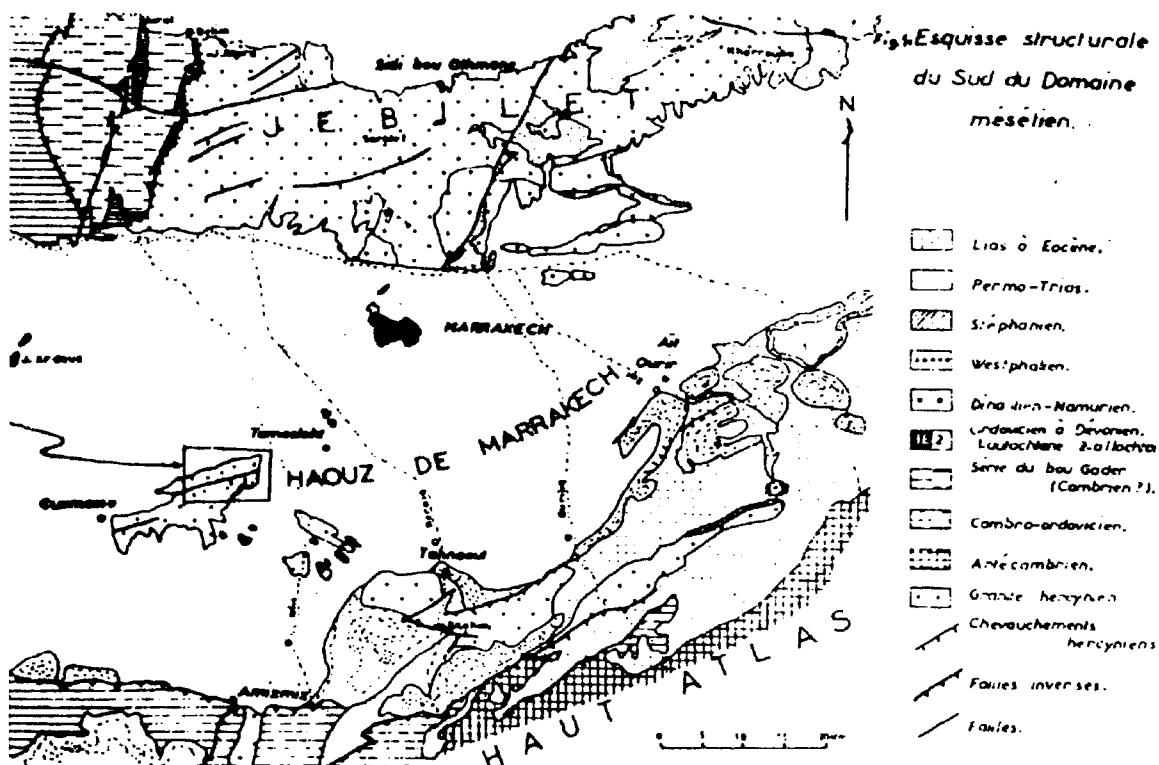


Figura 3 - Situação geográfica da planície do Haouz e do Alto Atlas de Marrakech (in Gaillet, 1980).



O corte de Zawiât Moulay Brahim foi realizado exactamente ao longo do Oued (Rio) Rhiraia e ao longo da estrada R.S. 501 (Marrakech – Asni), podendo ver-se a localização da área de trabalho na figura 4.



— 26 km

**Figura 4** – Retirado da Carta Geológica de Marrocos (Edições dos Serviços Geológicos de Marrocos, 1985).

Escala da carta original: 1/1000000.

Área de estudo destacada na zona a SW do extracto da carta; direcção Marrakech – Zawiât Moulay Brahim – Asni, estrada R.S. 501.

### II.2.1.1. O Varisco do Alto Atlas Ocidental

A zona cartografada estruturalmente no Alto Atlas Ocidental está integrada nos Maciços Variscos, tem idade paleozóica e foi sujeita a deformações associadas ao já referido ciclo orogénico Varisco ou Hercínico.

As datações das rochas por micropaleontologia nos segmentos sul-mesetianos forneceram idades Tournesiano-Viseano (Carbónico inferior). O Tournesiano foi fornecido por datações dos esporos e o Viseano por certos taxons de foraminíferos (Tourtite, 1989). Uma datação mais recente chegou a obter idades de Viseano superior (Eddebbi, 1993).

Sobre o plano estrutural, a síntese dos trabalhos referidos permite concluir que a estruturação actual dos Maciços Variscos da planície do Haouz e do Alto Atlas de Marrakech resulta de uma evolução polifásica. São descritas (pelo menos) três fases de deformação:

1. Fase ante-xistenta com características sedimentares: As estruturas associadas a esta fase integram-se num modelo onde intervém o jogo normal sin-sedimentar de grandes falhas contemporâneas da abertura das bacias sin-viseanas. Estas falhas atestam um afundimento global para SE dentro do Maciço de Guemassa e para N nos maciços de Souktana e de Foudrar.

2. Fase compressiva sin-xistenta: Tem como xistosidade de plano axial a xistosidade “S<sub>1</sub>”, mas a sua direcção varia mediante os afloramentos; no maciço de Guemassa assume uma direcção globalmente sub-meridional; nos afloramentos de N’fis ela tem orientação NW com um pendor forte para NE; e mais a Este nos maciços de Souktana e Foudrar tem direcção N 40° E - S 20° E com um forte pendor para E. No jazigo de Hajjar, aparece uma segunda xistosidade orientada N 20° E – N 40° E. Esta será a expressão de uma segunda fase de deformação

compressiva Varisca (Hibti, 1993) ou de um jogo de desligamentos sub-meridianos tardi a pós-Variscos (Eddebbi et al, 1995).

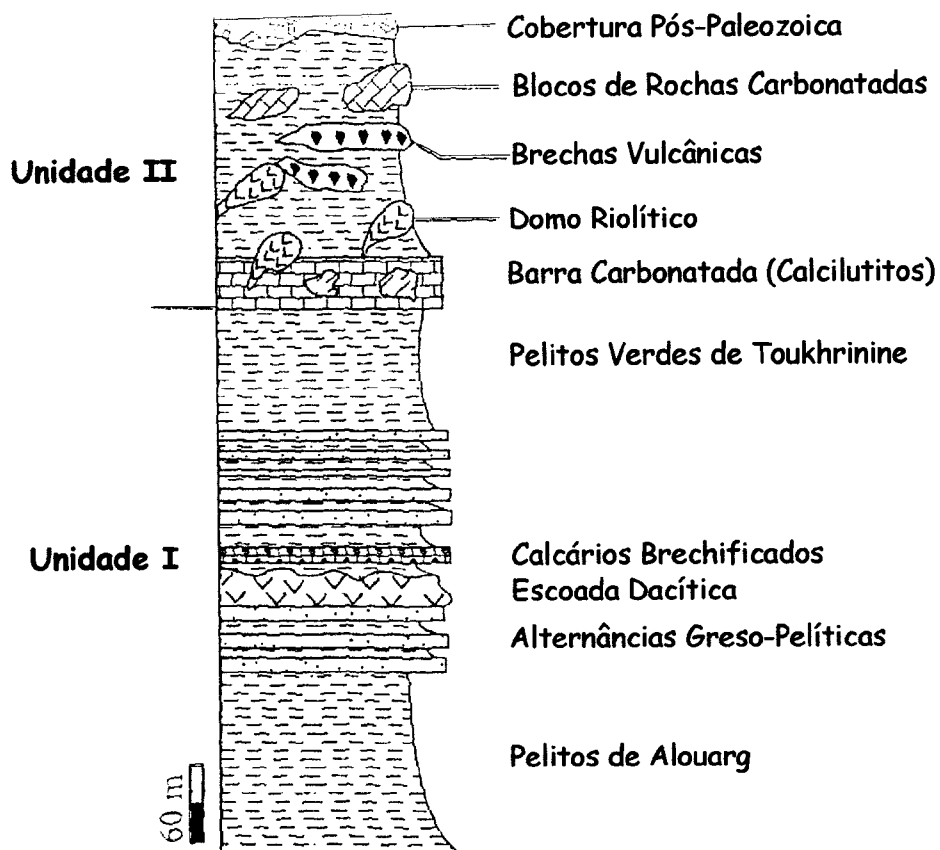
3. Fase pós-xistenta: Esta fase não tem sido registada na maioria dos afloramentos paleozóicos do segmento hercínico sul-mesetiano. Ela representa-se essencialmente por fracturação que se traduz num sistema de falhas conjugadas compatíveis com um encurtamento global sub-meridiano.

### II.2.1.2. Estratigrafia

Do ponto de vista litológico, a área estudada ao longo do corte de Zawiat Moulay Brahim, corresponde à unidade de topo (unidade II) do maciço de Souktana (figura 5, com a sequência das unidades presentes no Maciço de Souktana), a qual é constituída por uma sequência de base com calcilutitos esbranquiçados e no topo, níveis pelíticos negros, por vezes com intercalações de blocos de calcário plurimétricos.

Mais pormenorizadamente no corte de Moulay Brahim, caminhando de Norte para Sul (Marrakech – Asni), podem encontrar-se bancadas de calcários margosos com encraves de cubos de pirite e com veios de barite associados; por cima destes está uma sequência flysch com alternância entre bancadas mais espessas de grauvaques e bancadas mais finas de pelitos, a seguir vem uma sequência mais grauvacóide de cor avermelhada e no topo níveis de pelitos negros (figura 5).

Estas sequências estratigráficas são mais ou menos monótonas, excepto em zonas bem marcadas onde se encontram corredores de deformação nos quais os sedimentos foram perturbados por zonas de cisalhamento.



**Figura 5** – Sequência estratigráfica correspondente à parte Norte Ocidental do Maciço de Souktana (In: Ouadjou, 1997).

No entanto, o estudo sedimentológico e estratigráfico ultrapassa os objectivos deste trabalho, pelo que passará a tratar-se de uma cartografia mais estrutural.

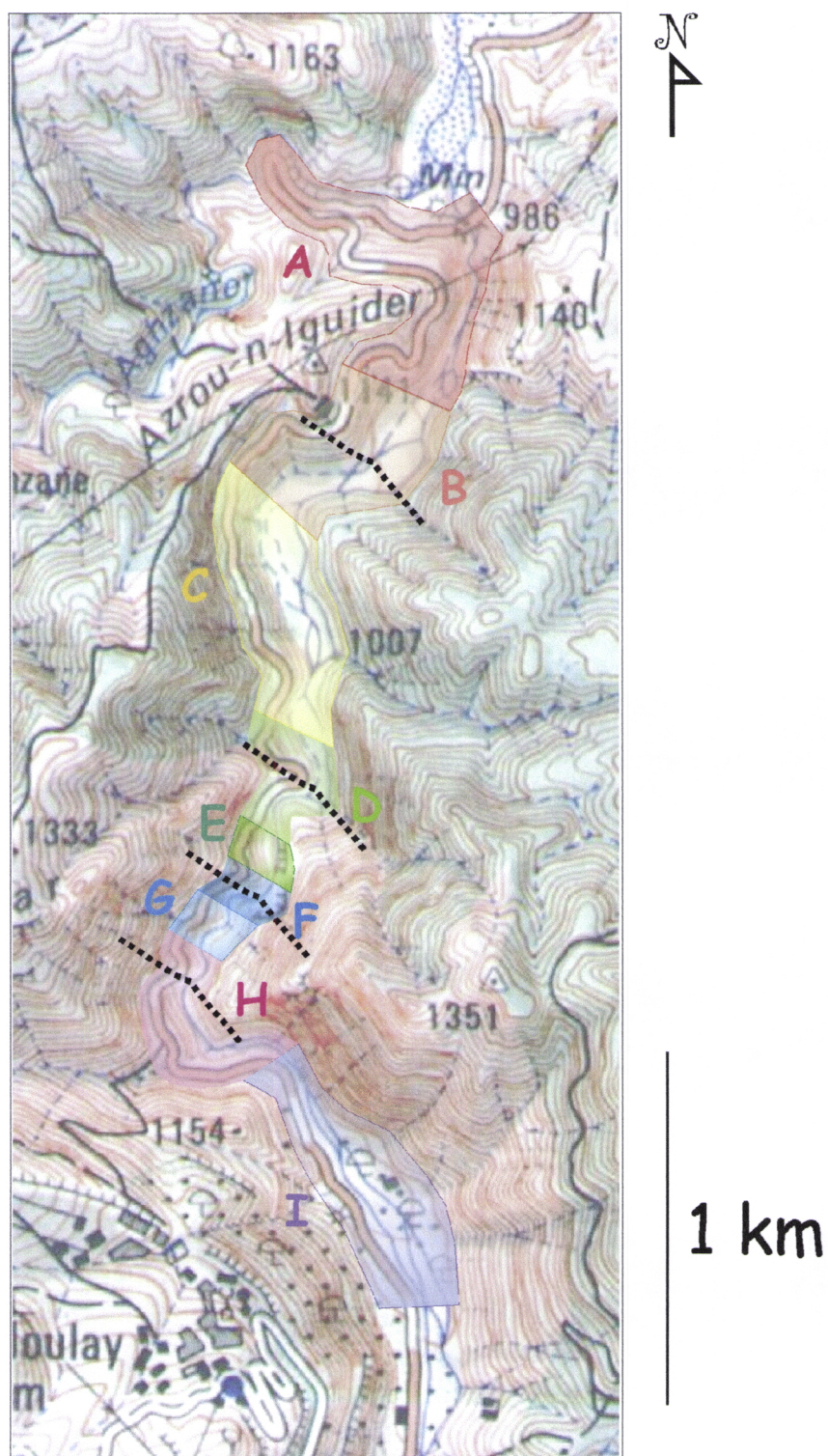
## **II.2.2. O corte de Zawiat Moulay Brahim**

### **II.2.2.1. Introdução**

Devido à topografia acidentada e à localização, foi escolhida a área de trabalho nos locais com acesso mais facilitado e com melhores afloramentos, aproveitando-se assim os taludes da estrada R.S. 501 e as margens escarpadas e escavadas pelo Oued Rhiraia (mapa 1).

A área de estudo tem cerca de 4,5 km de comprimento e a estrutura dos afloramentos de idade carbónica não estava até agora bem definida.

Como objectivo primordial da cartografia realizada neste sector foi efectuado um levantamento estrutural pormenorizado o qual teve o intuito de permitir uma melhor percepção das estruturas existentes; para isso foram feitas o máximo de medições possíveis tendo-se identificado as orientações da estratificação, da xistosidade, da lineação de intersecção, das falhas, das estrias existentes, dos planos axiais e eixos das dobras, dos veios de quartzo e de efeitos de boudinagem. Deste modo conseguiram diferenciar-se zonas aparentemente monoclinais com pouca deformação, de zonas onde a deformação foi intensa e são notórios os efeitos de cisalhamentos.



**Mapa 1** – Localização de cada uma das zonas cartografadas (A a I) onde foram realizadas as medições estruturais. A tracejado preto podem ver-se os corredores de cisalhamento de orientações N130°.

### II.2.2.2. Estruturas

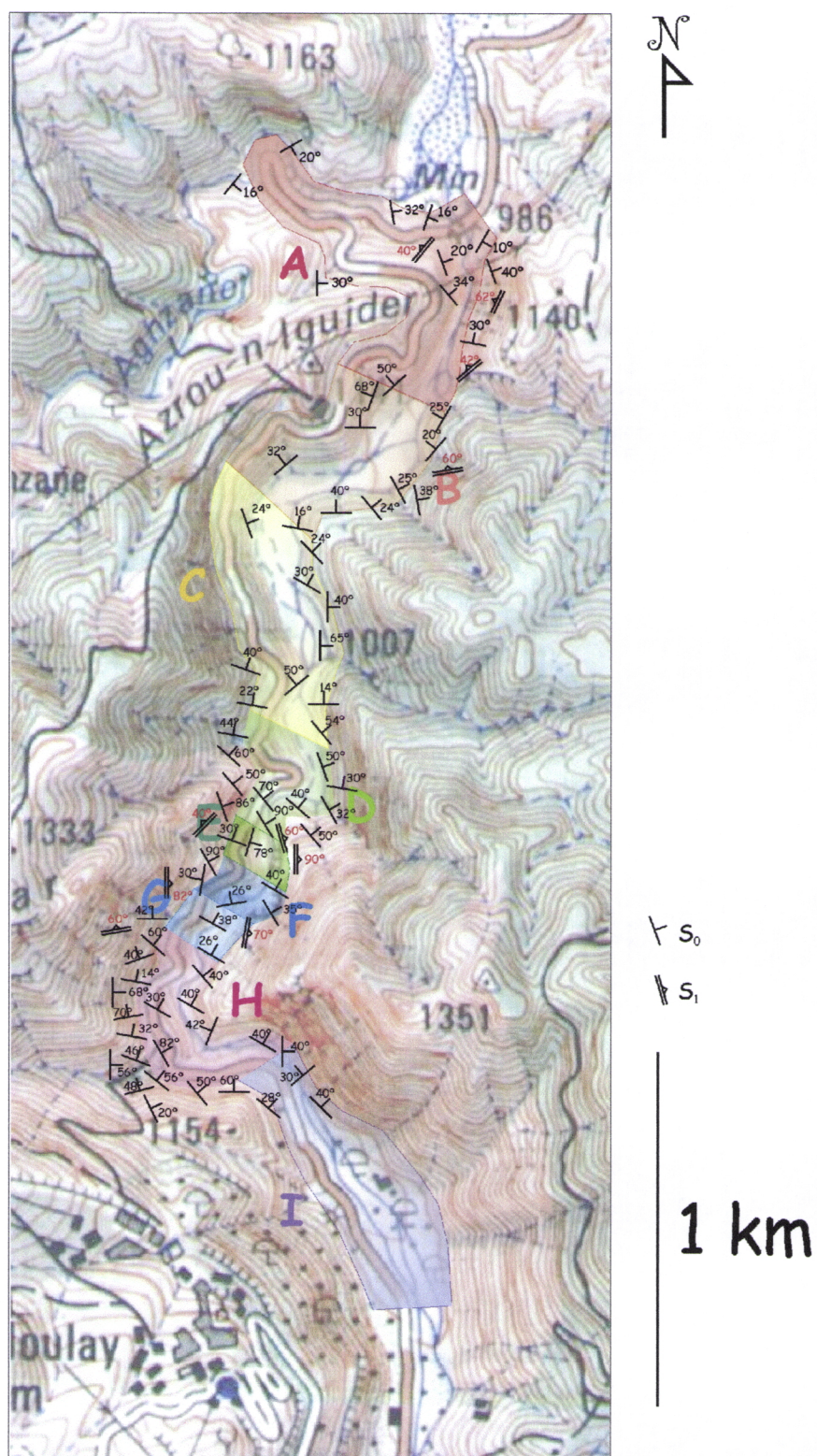
À medida que se foi realizando a cartografia estrutural da área em questão chegou-se à conclusão de que o “padrão” existente alternava entre sequências localmente monoclinais onde a deformação é menor e sequências onde os sedimentos carbónicos se encontram bastante deformados. Deste modo foram possíveis definir nove zonas diferentes (mapa 1) divididas segundo um critério de campo da área cartografada em zonas de menor e de maior grau de deformação. Estas últimas estão contidas em faixas bem marcadas salientando-se deste modo a existência de corredores de deformação intensa que se traduzem em zonas de cisalhamento com orientações tendencialmente N 130° (Zona B, D, F e H - mapa 1).

Para melhor se perceber a relação entre estas zonas fez-se uma separação pormenorizada de cada uma delas projectando-se os valores das orientações das estruturas, essencialmente  $S_0$  - estratificações e  $S_1$  - xistosidades (mapa 2).

Como característica comum em toda a área destaca-se a dificuldade de medir a atitude da xistosidade uma vez que ela só muito localmente é visível.

Nos corredores de cisalhamento onde a deformação é mais intensa, os sedimentos encontram-se muito dobrados, muito fracturados e muitas vezes essas fracturas estão preenchidas por veios de quartzo.

Para melhor se poder analisar e interpretar os dados colhidos no campo realizaram-se projecções estereográficas na rede de Schmidt, obtendo-se os estereogramas e respectivos diagramas de densidades de uma forma sistematizada.

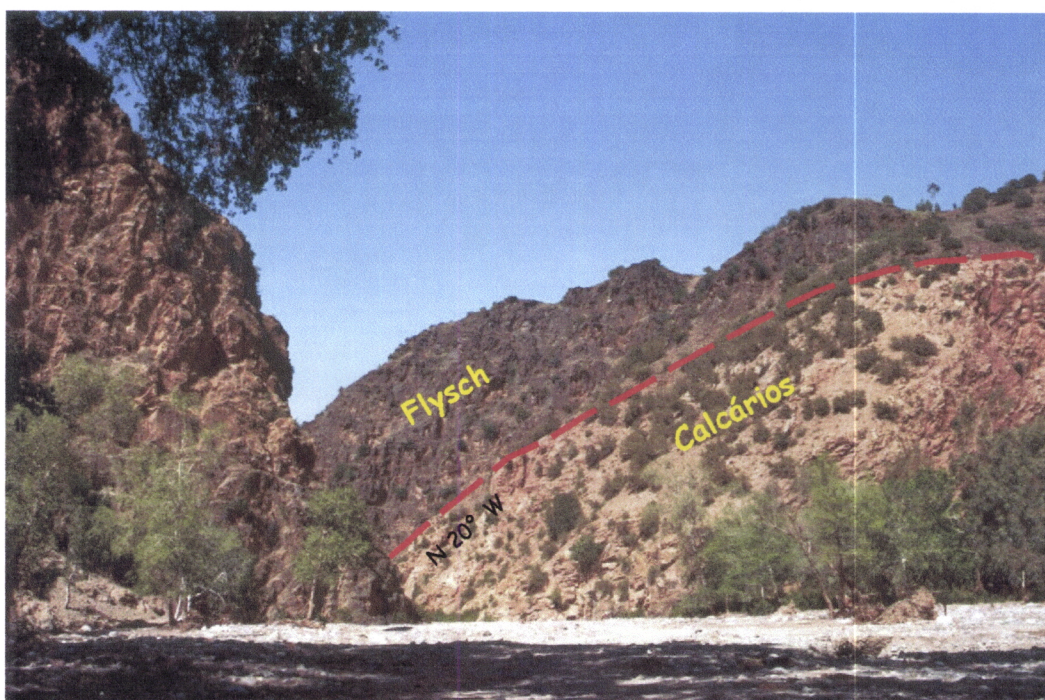


**Mapa 2** – Mapa de Zawiat Moulay Brahim com a representação das orientações das estruturas (S<sub>0</sub> - estratificações e S<sub>1</sub> - xistosidades) medidas no campo.



### II.2.2.2.1. Zona A

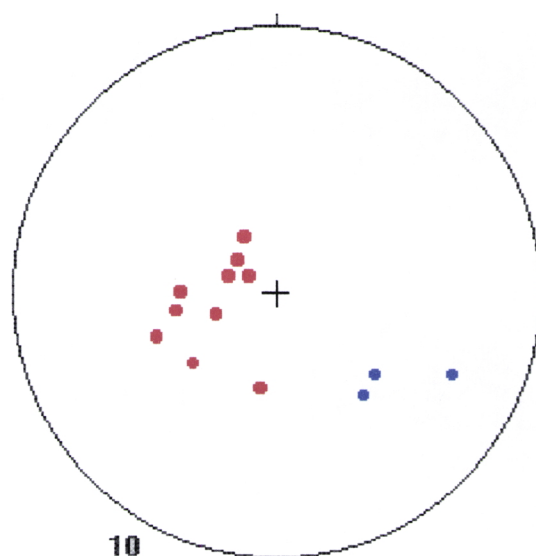
A primeira zona situada mais a Norte dentro da área cartografada é a zona onde os sedimentos encontrados são calcários litográficos em bancadas espessas e, onde, por cima destes em contacto por falha, aparecem sequências flysch com alternância entre xistos e grauvaques (fotografia 1).



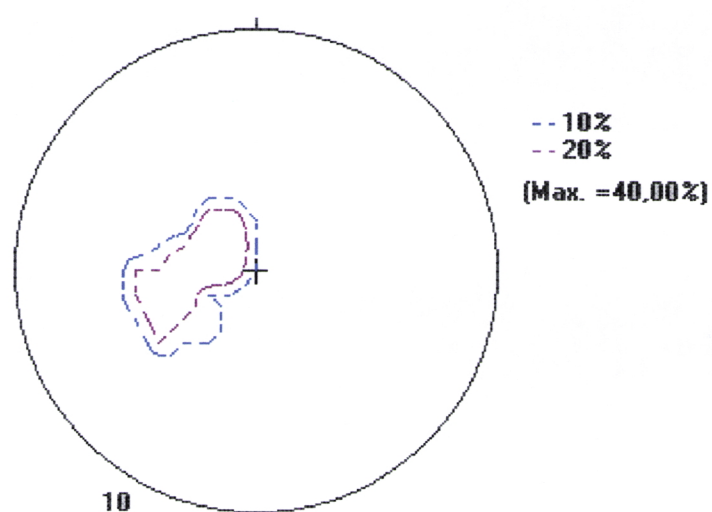
**Fotografia 1** – Vista da zona A a partir do leito do Oued Rhiraya. Podem observar-se os calcários litográficos (mais amarelados) e por cima deles em contacto por falha as sequências flysch (mais negras). A vermelho está marcada a falha e a amarelo as litologias.

De um modo geral existe um predomínio de atitudes da estratificação em torno de direcções N-S, com inclinações moderadas ( $10^{\circ}$  a  $40^{\circ}$ ) para Este (figura 6 e figura 7).

Nesta zona é possível observarem-se alguns afloramentos onde a xistosidade de primeira fase é visível, identificando-se simultaneamente um  $S_0$  e um  $S_1$  (mapa 2, pag. 23 - representação das orientações).

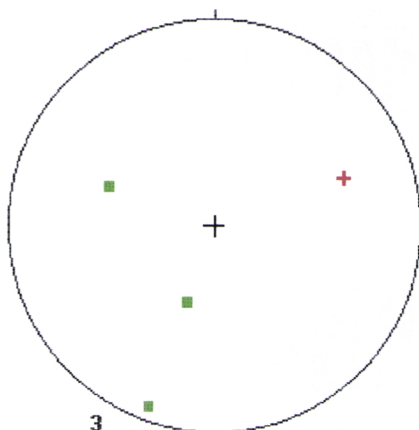


**Figura 6** – Projecção estereográfica da estratificação (vermelho) e xistosidade (azul) em A (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).



**Figura 7** – Diagrama de densidades relativas aos dados da estratificação na zona A.

A fracturação está bem marcada e o contacto entre as duas litologias Carbónicas acima indicadas é feito por falha com direcção N20°W (fotografias 1 e 2). Para além desta, mediram-se outras fracturas de dimensão considerável que se encontram representadas na figura 8, onde também se encontra a representação das estrias medidas nos planos de falha.



**Figura 8** – Representação estereográfica das falhas (verde) e estrias (vermelho) medidas na zona A (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).



**Fotografia 2** – Início da zona cartografada como A; litologias carbónicas em contacto por falha assinalado a vermelho entre os calcários (amarelados) e a sequência superior flysch (negro) com direcção N 20° W. À esquerda na foto são visíveis sedimentos vermelhos mesozóicos, mais particularmente de idades triássicas; os quais materializam o extremo Norte da zona de estudo.

#### II.2.2.2.2. Zona B

A zona B corresponde a uma sequência deformada com dobramentos (mapa 2 – pag. 23) onde os sedimentos são mais grauvacóides e de cor avermelhada influenciada pelos sedimentos Triássicos suprajacentes (fotografia 3).

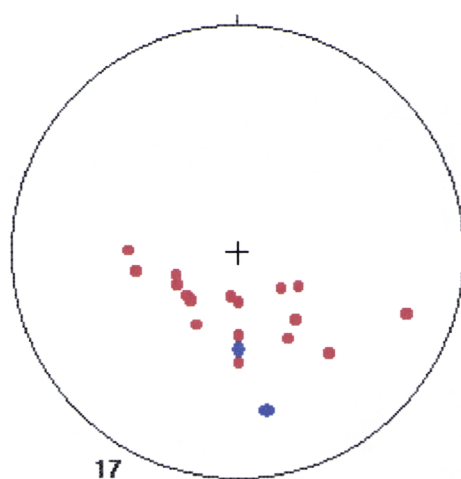


**Fotografia 3** – Vista geral da zona B a partir do leito do Oued Rhiraya, onde predominam sedimentos grauvacóides avermelhados.

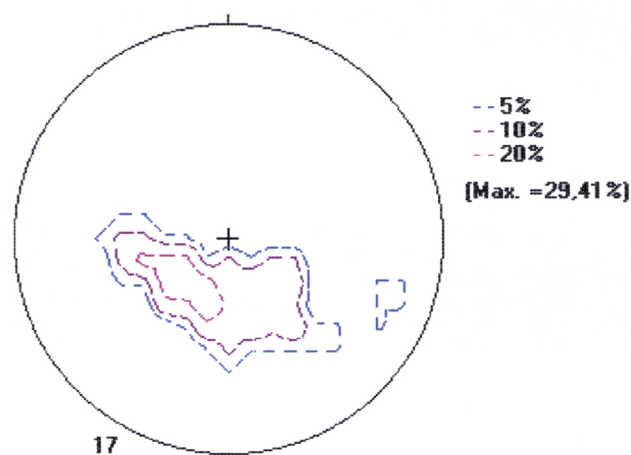
Existe uma dispersão acentuada das atitudes de  $S_0$ , embora predominem inclinações para o sector N (figura 10). A análise do estereograma (figura 9) mostra que estes tendem a dispor-se em torno de um círculo máximo com pólo de mais ou menos 10 a 20° para NNE.

Esta dispersão indica-nos que neste sector a geometria existente serão dobras com plano axial aproximadamente NNE e eixos inclinados para NNE o que é confirmado pelas atitudes dos eixos medidos em afloramentos (figuras 11, 12 e 13).

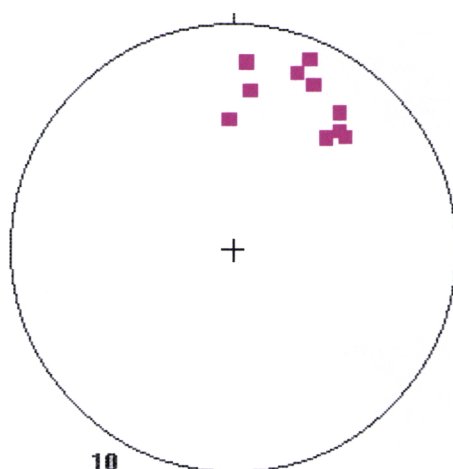
Nesta zona apenas foi possível identificar dois locais onde existia uma possível xistosidade ( $S_1$ ) que apresentava uma orientação sub-paralela às estratificações ( $S_0$ ) – (figura 9).



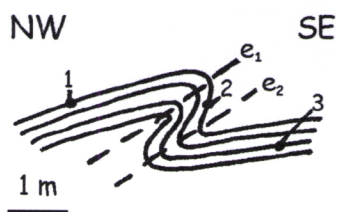
**Figura 9** – Representação estereográfica das orientações da estratificação (vermelho) e da xistosidade (azul) na zona B (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).



**Figura 10** – Diagrama de densidades da estratificação na zona B.



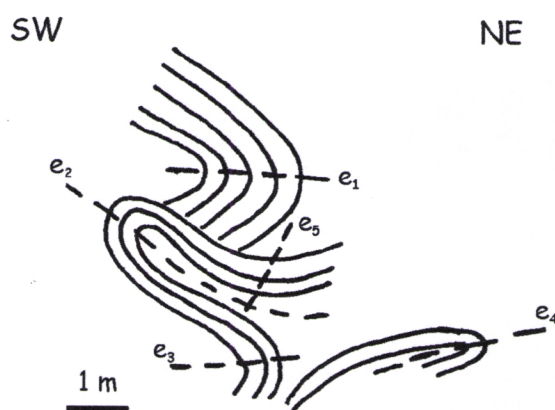
**Figura 11** – Representação dos eixos das dobras (rosa) na zona B (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).



**Figura 12** – Representação de um dobramento observado na margem oeste do Oued Rhiraia pertencente à zona B.

Orientações de  $S_0$ : 1 – N48°E, 50°N; 2 – N20°E, 68°W; 3 – E-W, 30°N.

Orientações dos eixos das dobras:  $e_1$  – 42°, N2°W;  $e_2$  – 30°, N6°E.



**Figura 13** – Representação de uma série de dobramentos situados na margem oeste do Oued Rhiraia, contida na zona de cisalhamento B.

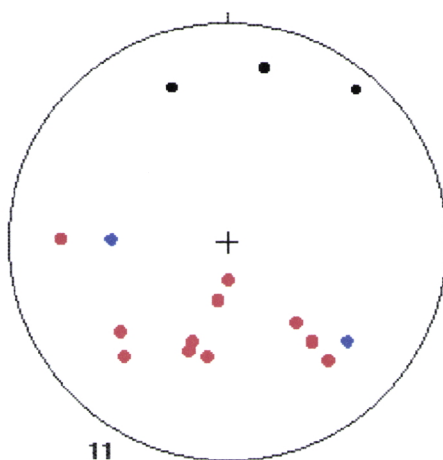
Orientações dos eixos das dobras:  $e_1$  – 36°, N40°E;  $e_2$  – 18°, N20°E;  $e_3$  – 10°, N22°E;  $e_4$  – 30°, N45°E;  $e_5$  com plano axial N30°E, 60°NW.

Apesar da constância na atitude dos eixos medidos no campo, as dobras apresentam geometrias muito variadas (figura 13) sugerindo uma deformação bastante heterogénea. Isto pode ser devido à existência de um corredor de cisalhamento que corta esta zona B deformando heterogeneamente os sedimentos presentes.

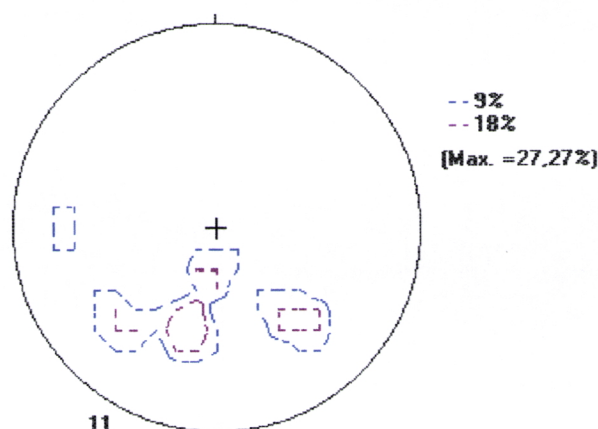
#### II.2.2.2.3. Zona C

Esta zona corresponde a uma área mais monótona onde a deformação é menor. Realizaram-se várias medições das quais se conclui que existe alguma dispersão de atitudes de estratificação (figura 14), e a xistosidade quando possível de identificar faz um pequeno ângulo com a primeira. Também se efectuaram medições de lineações de intersecção ( $L_1$ ) correspondentes às intersecções entre a estratificação e a xistosidade (figura 14).

As atitudes da estratificação têm uma distribuição em torno de um círculo máximo que nos indica um pólo de 10 a 20° para NNE (figura 15). O que é semelhante às áreas anteriormente descritas embora esta seja uma zona menos deformada. Neste caso, como as lineações de intercepção medidas lhe são sub-paralelas parece indicar ausência de transecção, embora os dados sejam escassos.



**Figura 14** – Projecção estereográfica dos planos de estratificação (vermelho), xistosidade (azul) e das lineações de intersecção (preto) na zona C (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).



**Figura 15** – Diagrama de densidades relativas às estratificações na zona C.

#### II.2.2.2.4. Zona D

A zona D situa-se a Sul da anterior e trata-se de uma faixa de deformação muito intensa.

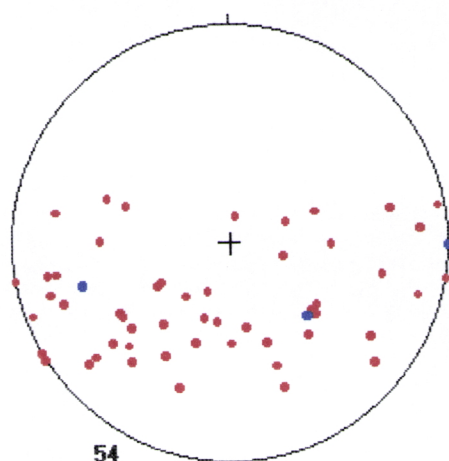
A estratificação assume diversas orientações, havendo alguma heterogeneidade de atitudes (figuras 16 e 17), embora também aqui seja possível traçar um círculo máximo que terá direcção aproximada E-W. Isto implica a existência de um pólo inclinado suavemente para Norte que é claramente correlacionável com as atitudes dos eixos das dobras medidos no campo (figuras 18 e 19).

Mais uma vez as poucas medições possíveis de medir xistosidades indicam direcções em torno de N-S a NNE-SSW, o que seria de esperar tendo em consideração os eixos das dobras.

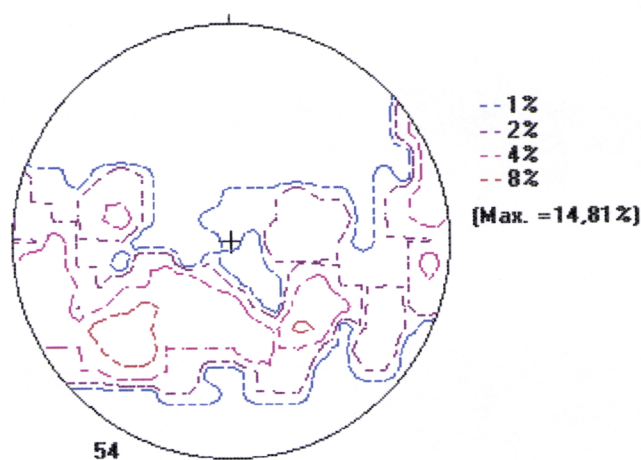
Os eixos de dobramentos medidos têm atitudes com direcções em torno de N-S (concordantes com a xistosidade) e mergulhos moderados entre os 10 a 40° (figuras 18 e 19), o que é próximo ao círculo máximo traçado através das atitudes das estratificações. Estes eixos de dobras estão associados a planos axiais também



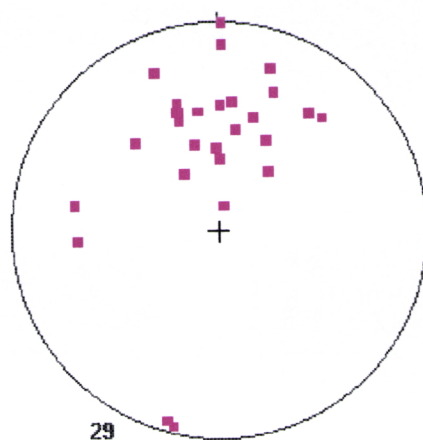
N-S, à semelhança do que acontece na maioria dos corredores onde a deformação é muito intensa na área cartografada.



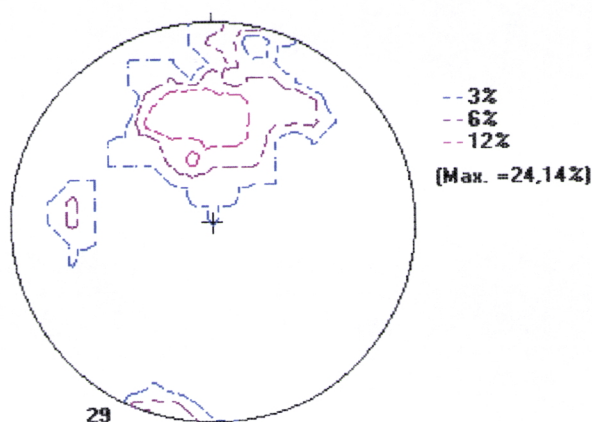
**Figura 16** – Projeção estereográfica dos planos de estratificação (vermelho) e xistosidade (azul) na zona D (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).



**Figura 17** – Diagrama de densidades das estratificações da zona D.



**Figura 18** – Projeção dos eixos das dobras na zona D (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).

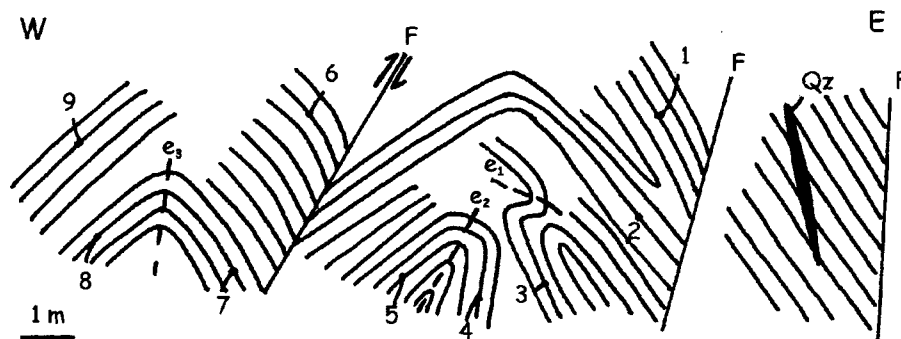


**Figura 19** – Diagrama de densidades relativas ao eixos das dobras em D.

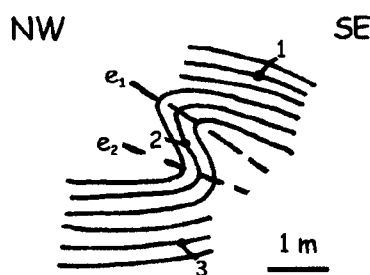
Como já foi referido existe heterogeneidade da deformação nesta zona, podendo encontrar-se dobras redobradas em vários afloramentos como por exemplo nos esboços de campo correspondentes às figuras 20, 22, 23 e 26.

As figuras 20 a 22 situam-se na margem Oeste do Oued Rhiraia. Nelas foram pormenorizadamente medidas as atitudes quer da estratificação como das fracturas, dos veios de quartzo e dos eixos das dobras que se encontram por vezes redobrados o que significará que terão existido dois eventos de dobramento. Devido aos eixos das dobras tenderem a apresentar uma concentração acentuada em torno de

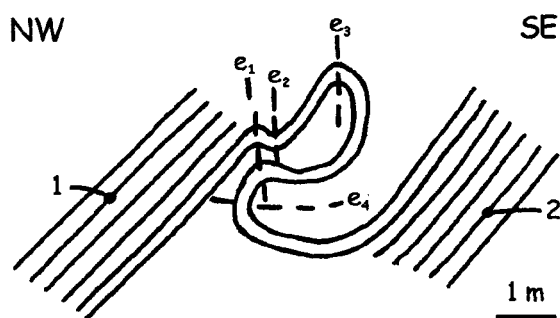
mergulhos moderados para Norte, somos levados a concluir que deveremos estar em presença de dois impulsos pertencentes a uma mesma fase de deformação co-axial.



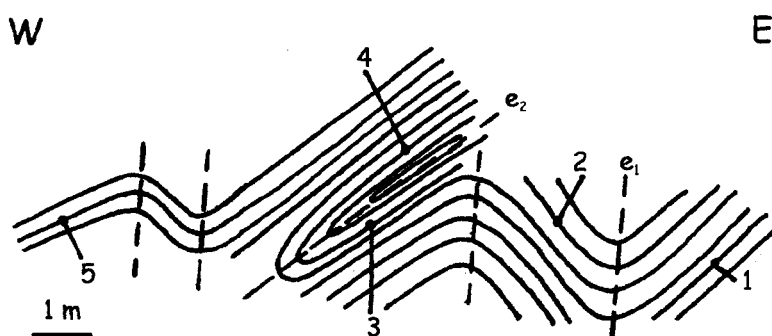
**Figura 20** – Representação do afloramento situado na margem Oeste do Oued Rhiraia e pertencente à zona de cisalhamento D. Orientações de  $S_0$ : 1 – N40°W, 70°N; 2 – N14°E, 20°W; 3 – N50°W, 60°N; 4 – N32°W, 90°; 5 – N34°E, 66°W; 6 – N40°W, 74°E; 7 – N10°W, 70°E; 8 – N16°E, 78°W; 9 – N40°W, 40°N. Atitudes dos eixos das dobras:  $e_1$  – 42°, N44°W;  $e_2$  – 64°, N32°W;  $e_3$  – 38°, N6°E. Veio de Quartzo – N60°W, 50°NE. Falhas (da esquerda para a direita): N-S, 90°; N10°E, 90°; N20°E, 80° W.



**Figura 21** – Representação de um dobramento, na margem este do Oued Rhiraia na zona D. Orientações de  $S_0$ : 1 – N20°E, 50°E; 2 – N12°E, 60°; 3 – N20°E, 42°E. Orientações dos eixos das dobras:  $e_1$  – 6°, S16°W;  $e_2$  – 4°, S14°W.

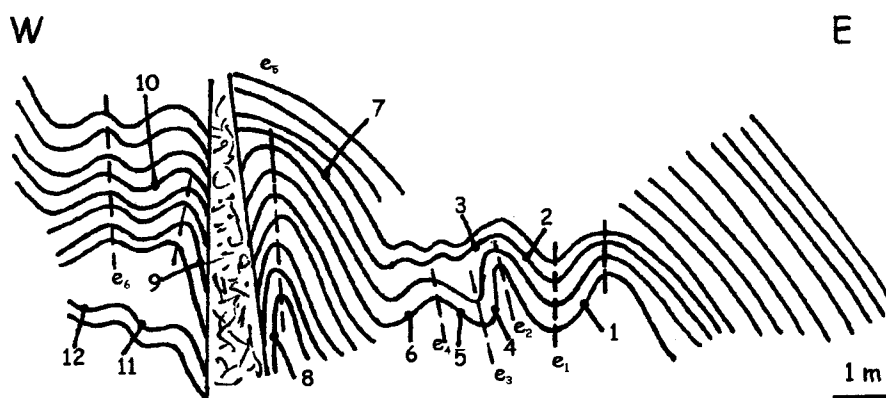


**Figura 22** – Representação de dobras redobradas sugerindo a existência de dois eventos de dobramento (Margem este do Oued Rhiraia, Zona D). Orientações de  $S_0$ : 1 –  $N40^\circ W$ ,  $60^\circ E$ ; 2 –  $N32^\circ W$ ,  $50^\circ E$ . Orientações dos eixos das dobras:  $e_1 = e_2 = e_3$ :  $12^\circ N$ ;  $e_4$  –  $0^\circ$ , N-S.

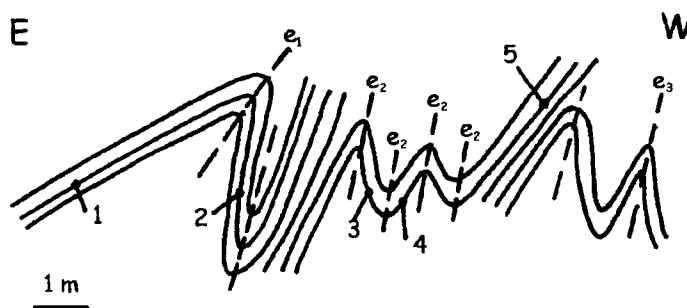


**Figura 23** – Representação de uma série de dobramentos na Estrada R. S. 501 (Marrakech-Asni), Zona D, com diferentes orientações dos eixos das dobras o que induz a possibilidade de existência de dois eventos de dobramento. Orientações de  $S_0$ : 1 –  $N12^\circ W$ ,  $64^\circ W$ ; 2 –  $N40^\circ W$ ,  $50^\circ NE$ ; 3 –  $N36^\circ E$ ,  $40^\circ N$ ; 4 –  $N20^\circ W$ ,  $34^\circ W$ ; 5 – N-S,  $38^\circ W$ . Orientações dos eixos das dobras:  $e_1$  –  $20^\circ$ ,  $N22^\circ W$ ;  $e_2$  –  $32^\circ$ ,  $S86^\circ W$ .

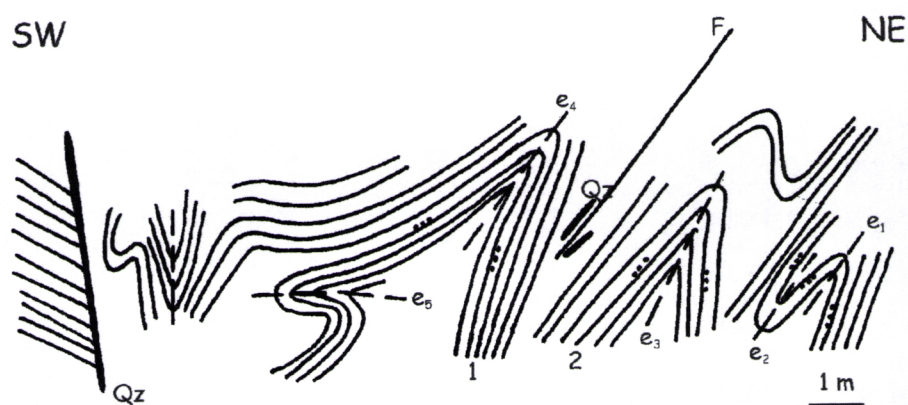
As figuras 23 a 26 correspondem a esboços de campo realizados em afloramentos situados na barreira Oeste da Estrada R.S. 501 (Marrakech – Asni). Também aqui se procederam às medições necessárias das atitudes da estratificação, fracturas, veios de quartzo e eixos de dobras, tendo-se confirmado a existência de dobras redobradas (figura 26).



**Figura 24** - Representação de uma série de dobramentos na barreira Oeste da Estrada R.S. 501 (Marrakech-Asni, Zona D). Orientações de  $S_0$ : 1 – N26°W, 56°NE; 2 – N40°W, 60°NE; 3 – N10°E, 74°E; 4 – N70°E, 60°NW; 5 – N70°W, 60°NE; 6 – N10°W, 86°W; 7 – N10°W, 90°; 8 – N50°E, 46°NW; 9 – N20°W, 88°E; 10 – N70°E, 40°N; 11 – N20°W, 86°E; 12 – E-W, 38°N. Orientações dos eixos das dobras:  $e_1$  – 55°, N82°E;  $e_2$  – 60°, N40°E;  $e_3$  – 58°, N2°W;  $e_4$  – 55°, N16°W;  $e_5$  – 42°, N10°W;  $e_6$  – 40°, N19°W. Falhas: N-S, 90°.



**Figura 25** – Representação de dobramentos situados na barreira Oeste da Estrada R.S. 501 (Marrakech-Asni, Zona D). Orientações do  $S_0$ : 1 – N70°W, 30°NE; 2 – N10°E, 70°E; 3 – N70°E, 50°NW; 4 – N34°W, 50°NE; 5 – N80°W, 45°NE. Orientações dos eixos das dobras:  $e_1$  – 30°, N22°E;  $e_2$  – 28°, N43°E;  $e_3$  – 43°, N17°E.



**Figura 26** - Representação de dobramentos situados na barreira Oeste da Estrada R.S. 501 (Marrakech-Asni, Zona D). Orientações de  $S_0$ : 1 – N30°W, 90°; 2 – N4°W, 76°W. Orientações dos eixos das dobras:  $e_1$  – 62°, N-S;  $e_2$  – 50°, N10°E;  $e_3$  – 80°, N10°E;  $e_4$  – 40°, N-S;  $e_5$  – 44°, N20°W. Veios de Quartzo (da esquerda para a direita): N-S, 60°W; E-W, 76°S. Falha: N-S, 50°W.

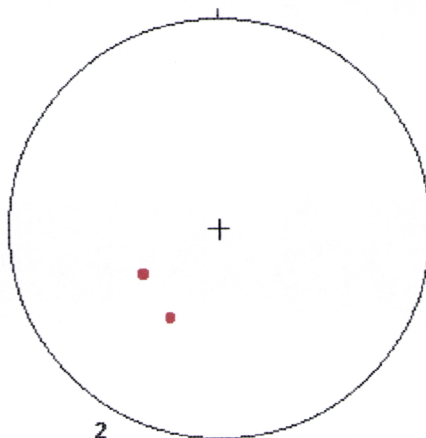


**Fotografia 4** – Dobramentos representados no esboço anterior (figura 26), zona D.

A fotografia 4 ilustra a figura 26 a diferente escala e demonstra uma vez mais a heterogeneidade da deformação na zona D, que é aqui mais intensa devido à associação com uma zona de cisalhamento N 130° (mapa 1 – pag. 21).

#### II.2.2.2.5. Zona E

Esta zona corresponde a uma sequência monoclinial homogénea onde os sedimentos se apresentam com atitudes de direcções entre N 30° W a N 60° W e inclinações de 40° para Norte (figura 27).



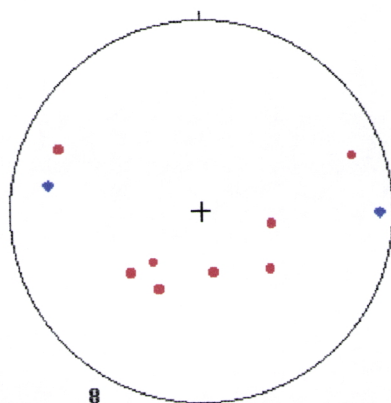
**Figura 27** – Projecção estereográfica dos planos de estratificação na zona E (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).

#### II.2.2.2.6. Zona F

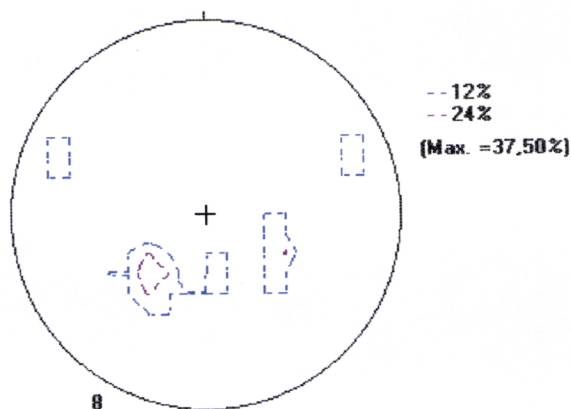
Corresponde ao corredor de cisalhamento com orientação N 130°, imediatamente a SSW da zona E (mapa 1 – pag. 21).

Nesta zona foram colhidas informações que permitem obter atitudes variadas da estratificação (figuras 28 e 29), sendo possível elaborar um círculo máximo de direcção aproximadamente N 70 a 80° E, ao qual corresponde um pólo que varia em torno de N-S, tendencialmente entre N 10 a 20° W. As atitudes deste pólo correlacionam-se com as atitudes dos eixos das dobras medidos no terreno (figura 30).

Os planos axiais têm uma vez mais uma direcção preferencial N-S e pendor vertical a sub-vertical (figura 31) e a xistosidade com direcção N-S e inclinação também sub-vertical (80 a 90°) para N o que indica tratar-se de uma xistosidade de plano axial.

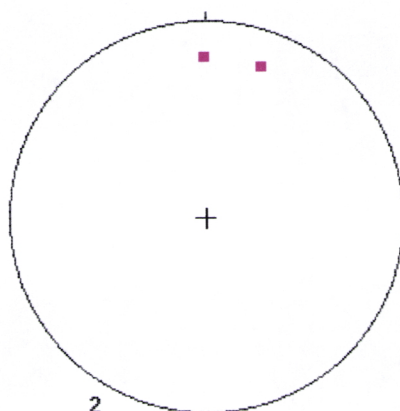


**Figura 28** – Projecção estereográfica dos polos dos planos de estratificação (vermelho) e xistosidade (azul) na zona F (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).

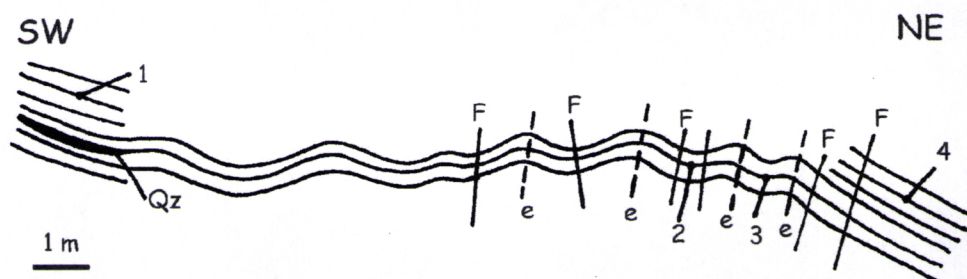


**Figura 29** – Diagrama de densidades relativas às medições da estratificação na zona F.



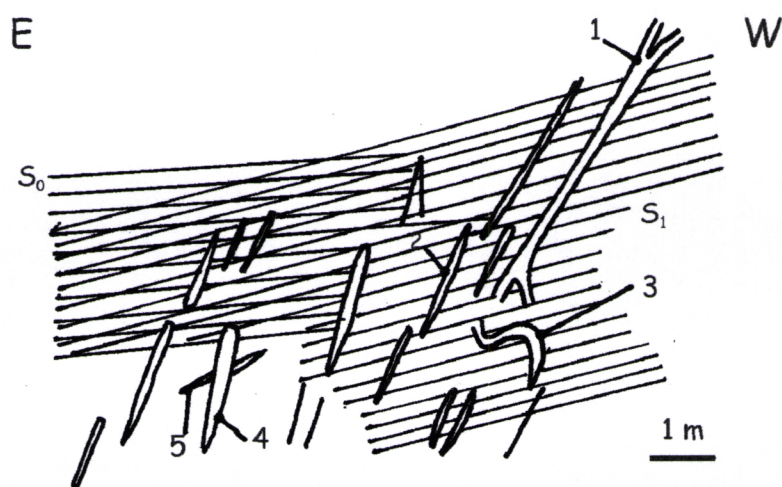


**Figura 30** – Projecção dos eixos das dobras na zona F (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).



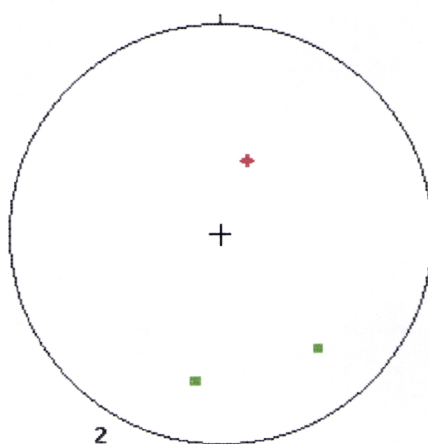
**Figura 31** – Representação de um afloramento onde existem dobramentos de planos axiais N-S, situado na margem oeste do Oued Rhiraia, Zona F. Orientações: 1 – N40°W, 40°NE; 2 – N80°E, 26°N; 3 – N24°E, 70°E; 4 – N60°W, 38°N; Planos axiais correspondentes aos eixos das dobras: N-S, 90°.

A fracturação existente poderá estar ou não, preenchida por veios de quartzo de exsudação (figura 32) que se encontram associados ao movimento do corredor de cisalhamento N 130° (mapa 1 – pag. 21).

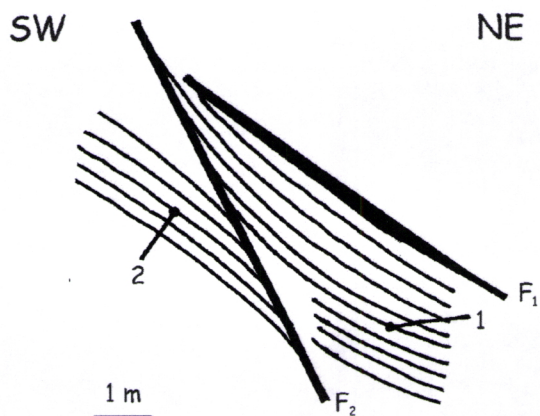


**Figura 32** – Representação de uma rede de filões de quartzo de exsudação que se encontra associada à deformação cisalhante, situada no Oued Rhiraia, na zona F.  $S_0$  –  $N84^\circ W$ ,  $20^\circ N$  e  $S_1$  –  $N56^\circ W$ ,  $60^\circ NE$ . Orientações dos Veios de Quartzo: 1 –  $N70^\circ E$ ,  $74^\circ NW$ ; 2 –  $N75^\circ E$ ,  $80^\circ N$ ; 3 – Não altera a xistosidade, é posterior a  $S_1$ .

Na fracturação não preenchida por quartzo foram medidas estrias no plano de falha com atitude  $60^\circ$ ;  $N 20^\circ E$  (figuras 33 e 34).



**Figura 33** – Projecção estereográfica das falhas (verde) e estrias (vermelho) na zona F (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).



**Figura 34** – Representação de um sistema de Falhas com estrias, situado numa barreira da Estrada R.S. 501 (Marrakech-Asni). Orientações do  $S_0$ : 1 –  $N10^\circ E, 30^\circ W$ ; 2 –  $N45^\circ W, 30^\circ NE$ . Orientações das Falhas:  $F_1$  –  $N80^\circ W, 60^\circ NE$ ;  $F_2$  –  $N50^\circ E, 60^\circ NE$ .

Um exemplo desta fracturação é observável na fotografia 5, bem como as estrias de falha correspondentes na fotografia 6.



**Fotografia 5** – Falha de orientação  $N80^\circ W; 60^\circ NE$ .



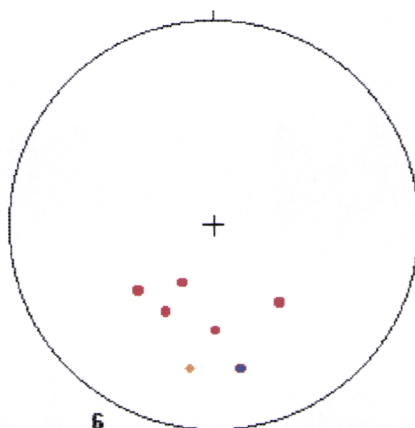
**Fotografia 6** – Estrias de falha correspondentes à fotografia 5 com atitude 60°; N20°E.

#### II.2.2.2.7. Zona G

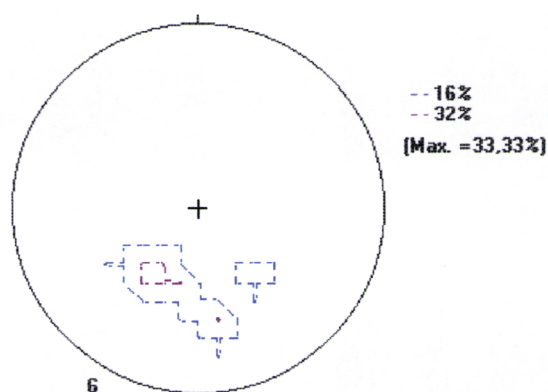
A zona G situa-se entre duas faixas de deformação mais intensa e nela podem encontrar-se sequências monótonas de rochas pelíticas.

Nesta zona foram medidas as atitudes da estratificação que pouco variam em torno de valores próximos de direcções E-W e inclinações entre 20 a 60° para Norte, correspondentes a um círculo máximo cujo pólo seria N-S (figuras 35 e 36). Isto corresponde a um monoclinal com inclinações para Norte.

Foi também medida uma atitude de xistosidade N80°W; 40°N (figura 35), que como é único levanta algumas suspeitas uma vez que se apresenta como sub-paralelo à estratificação.



**Figura 35** - Projecção estereográfica das estratificações (vermelho) e xistosidade (azul) na zona G (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).

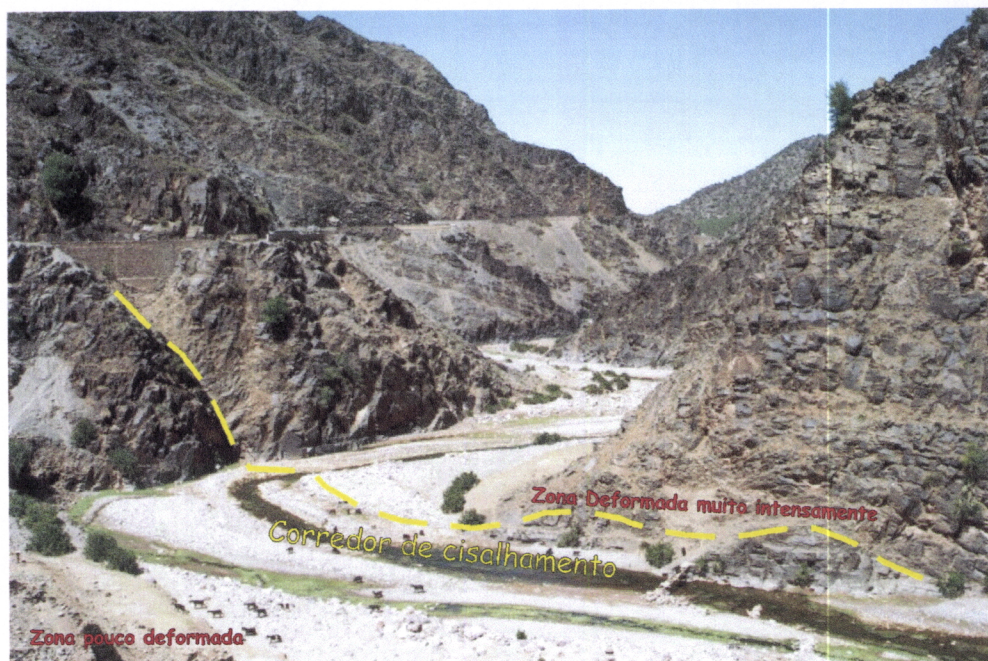


**Figura 36** – Diagrama de densidades relativas às estratificações na zona G.

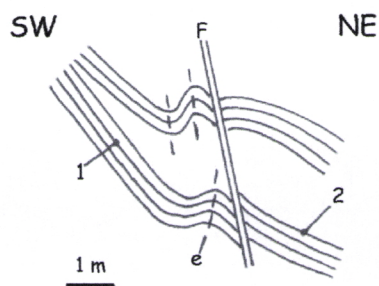
#### II.2.2.2.8. Zona H

Esta é a zona imediatamente a SW da anterior, sendo correspondente a um corredor de cisalhamento N 130° idêntico aos já referidos que estão sublinhados por zonas de intensos dobramentos.

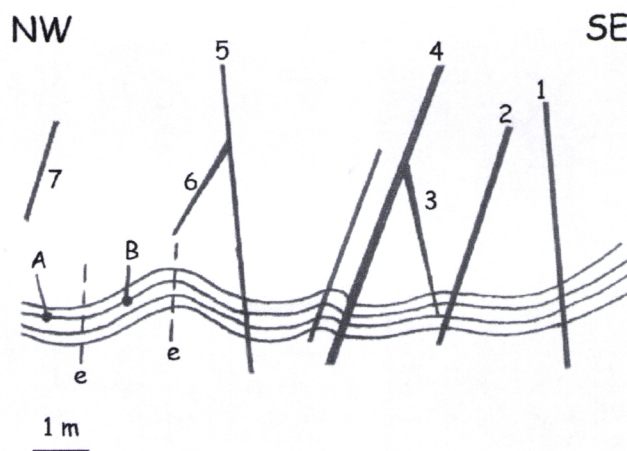
A zona H corresponde a uma área extremamente fracturada com fracturas preenchidas por quartzo de exsudação (figuras 37 e 38) e também extremamente dobrada (fotografia 7).



**Fotografia 7** – Vista geral da zona H, onde se assinalaram os sectores mais deformados, menos deformados (a vermelho) e o próprio corredor de cisalhamento N130° (a amarelo).

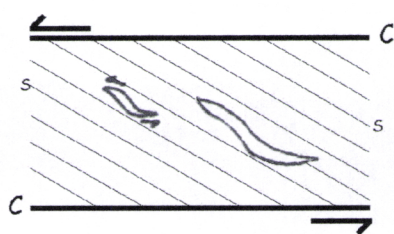


**Figura 37** - Esquema de dobramentos na margem oeste do Oued Rhiraia, zona H. Orientações de  $S_0$ : 1 – N60°W, 40°NE; 2 – N70°W, 35°NE. Atitude do eixo da dobra: 24°, N10°W. Falhas: N40°W, 80°NE.



**Figura 38** – Esquema dos dobramentos e veios de quartzo de exsudação na margem este do Oued Rhiraia, zona H. Orientação de  $S_0$ : A –  $N4^\circ E, 44^\circ W$ ; B –  $N22^\circ E, 42^\circ W$ . Atitude dos eixos das dobras:  $38^\circ, N10^\circ E$ . Orientação dos veios de Quartzo: 1 –  $N60^\circ E, 88^\circ SE$ ; 2 –  $N45^\circ E, 66^\circ NW$ ; 3 –  $N60^\circ E, 80^\circ SE$ ; 4 –  $N44^\circ E, 70^\circ NW$ ; 5 –  $N50^\circ E, 70^\circ SE$ ; 6 –  $N80^\circ E, 78^\circ NW$ ; 7 -  $N46^\circ E, 76^\circ NW$ .

No afloramento ilustrado pela figura 38 foram medidos na zona mais deformada, planos C e planos S onde se encontraram sigmoides de quartzo alinhados com a orientação destes últimos planos, o que indica que o sentido do movimento de cisalhamento é esquerdo (figura 39).

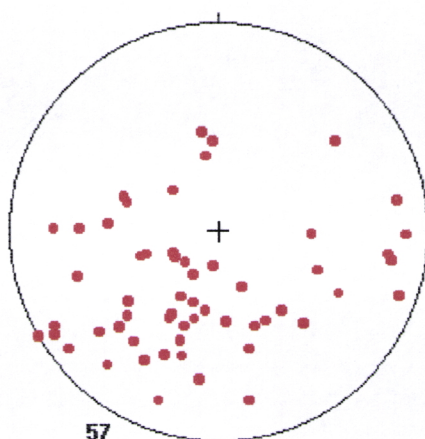


**Figura 39** – Esquema que indica o sentido do movimento da faixa de cisalhamento (Oued Rhiraia).

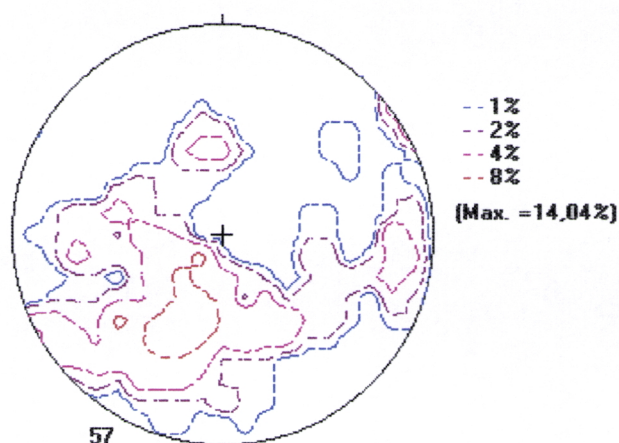
Plano C –  $N36^\circ W, 62^\circ NE$ ; Plano S –  $N10^\circ W, 72^\circ NE$ . Os sigmoides de quartzo estão alinhados com os planos S, e a sua forma indica um movimento esquerdo.

As atitudes da estratificação são bastante mais variáveis aqui do que nas anteriores zonas. Isto indica uma deformação mais heterogénea (figuras 40 e 41). No entanto se, uma vez mais, traçarmos um círculo máximo ajustado à nuvem de pontos da projecção estereográfica este terá um pólo inclinado moderadamente para Norte.

Esta direcção preferencial N-S corresponde à direcção maioritária dos eixos e dos planos axiais dos dobramentos medidos no campo, o que é demonstrado pelas figuras 42 e 43.

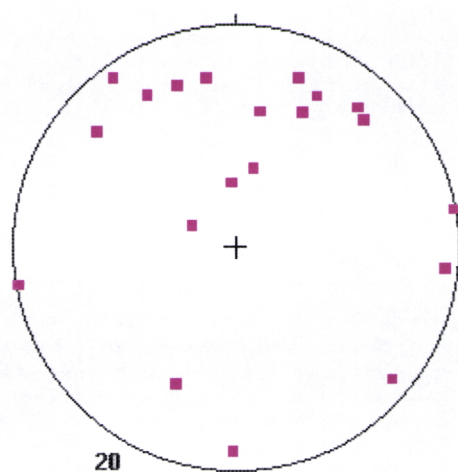


**Figura 40** – Projecção estereográfica dos planos de estratificação na zona H (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).

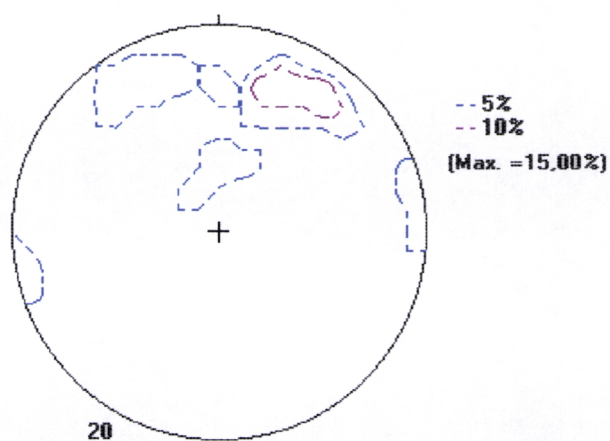


**Figura 41** – Diagrama de densidade das estratificações medidas na zona H.



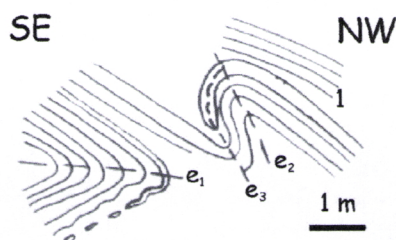


**Figura 42** – Projeção estereográfica dos eixos de dobramentos da zona H (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).

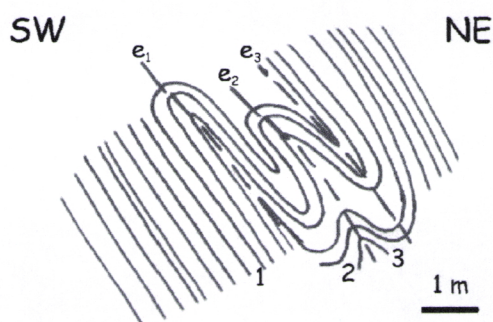


**Figura 43** – Distribuição dos eixos das dobras da zona H num diagrama de densidades.

No entanto as atitudes dos dobramentos são bastante heterogêneas como se verifica pelos esboços de campo ilustrados pelas figuras 44 e 45 onde se podem observar dobras redobradas.



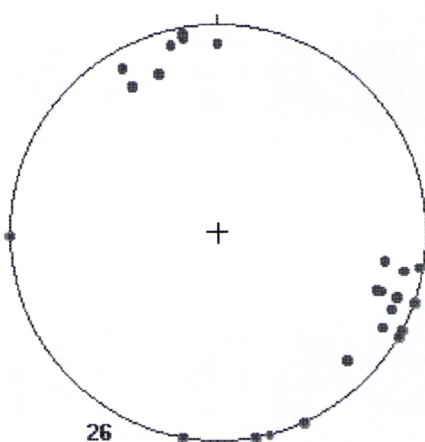
**Figura 44** – Dobramentos existentes nos afloramentos da estrada R.S. 501 (Marrakech-Asni), zona H. Orientações de  $S_0$ : 1-  $N68^\circ E, 24^\circ N$ . Orientações dos eixos das dobras:  $e_1 - 24^\circ, N20^\circ W$ ;  $e_2 - 20^\circ, N50^\circ W$ ;  $e_3 - 10^\circ, S50^\circ E$ .



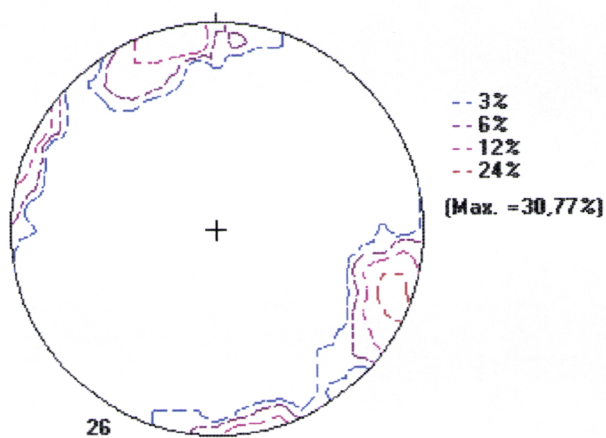
**Figura 45** – Representação dos dobramentos de um afloramento situado na zona H, na estrada R. S. 501 (Marrakech-Asni). Orientação dos  $S_0$ : 1 –  $N-S, 68^\circ E$ ; 2 –  $N20^\circ E, 80^\circ W$ ; 3 –  $N50^\circ W, 72^\circ NE$ . Orientações dos eixos das dobras:  $e_1 - 60^\circ, N12^\circ E$ ;  $e_2 - 66^\circ, N4^\circ W$ ;  $e_3 - 7^\circ, N36^\circ W$ .

Na zona H as fracturas preenchidas por veios de quartzo assumem duas direcções preferencias, uma entre  $N 60$  a  $80^\circ E$  e outra entre  $N 10$  a  $30^\circ E$ ; com pendores verticais a sub-verticais (figuras 48 a 50). Estas figuras 48, 49 e 50 são correspondentes a esboços de campo realizados em afloramentos que se situam na Estrada R.S. 501 (Marrakech – Asni).

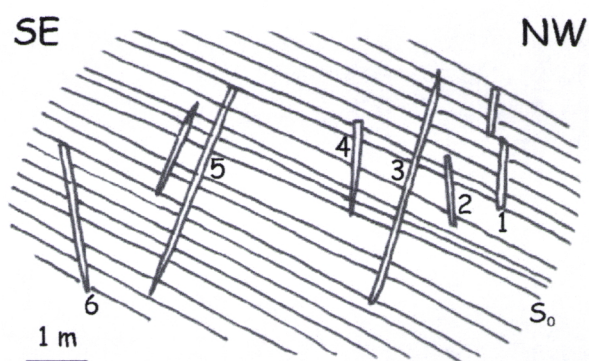
Levanta-se aqui a questão destas duas famílias de fracturas preenchidas por quartzo serem fracturas conjugadas, uma vez que são contemporâneas e em termos de interpretação bimodal dos estereogramas (figuras 46 e 47) se demonstrar que os valores do ângulo diedro entre elas varia entre  $50$  a  $70^\circ$ .



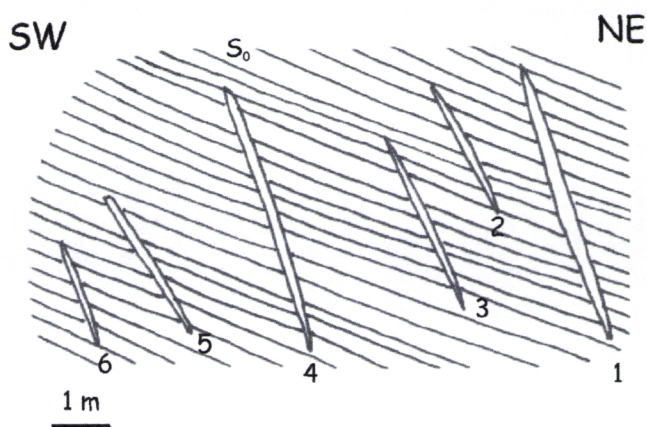
**Figura 46** - Projecção estereográfica dos veios de quartzo da zona H (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).



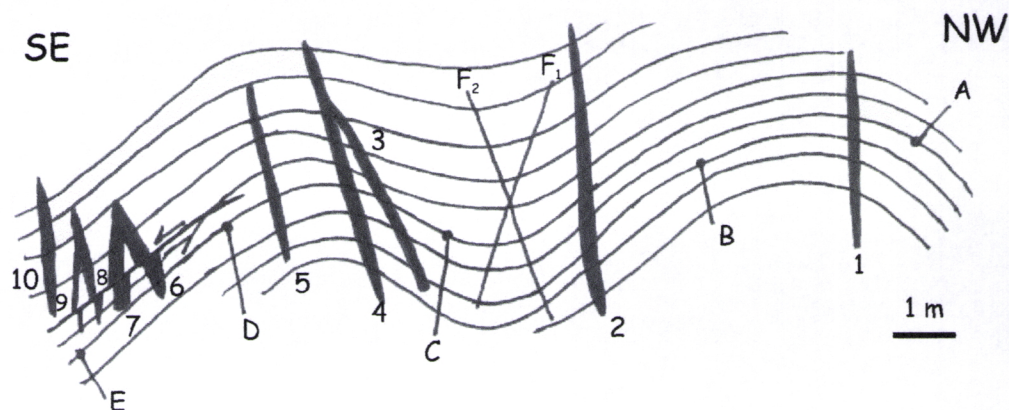
**Figura 47** - Diagrama de densidades dos veios de quartzo de exsudação na zona H.



**Figura 48** - Esquema dos veios de quartzo existentes na periferia do afloramento da figura 44, situado na estrada R.S. 501 (Marrakech-Asni), zona H. Orientação de  $S_0$ : N70°E, 40°N. Orientações dos filões de quartzo: 1 - N80°E, 90°; 2 - N66°E, 90°; 3 - N70°E, 70°S; 4 - N60°E, 80°SE; 5 - N60°E, 70°S; 6 - N20°E, 80°NW.



**Figura 49** - Esquema dos veios de quartzo existentes na periferia do afloramento da figura 45, situado na estrada R.S. 501 (Marrakech-Asni), zona H. Orientação de  $S_0$ :  $N80^\circ W$ ,  $28^\circ N$ . Orientação dos filões de quartzo de exsudação: 1 -  $N80^\circ E$ ,  $84^\circ S$ ; 2 -  $N80^\circ E$ ,  $86^\circ S$ ; 3 -  $N76^\circ E$ ,  $90^\circ$ ; 4 -  $N76^\circ E$ ,  $82^\circ S$ ; 5 - E-W,  $80^\circ S$ ; 6 -  $N80^\circ W$ ,  $90^\circ$ .



**Figura 50** - Representação de um afloramento situado na estrada R.S. 501 (Marrakech-Asni), onde se podem observar dobramentos de planos axiais aproximadamente N-S e veios de quartzo de exsudação, bem como planos de falhas. Orientação dos  $S_0$ : A -  $N60^\circ W$ ,  $20^\circ NE$ ; B -  $N20^\circ E$ ,  $40^\circ SE$ ; C -  $N48^\circ E$ ,  $50^\circ NW$ ; D -  $N18^\circ W$ ,  $30^\circ E$ ; E -  $N30^\circ W$ ,  $20^\circ NE$ . Orientações dos veios de quartzo: 1 - N-S,  $90^\circ$ ; 2 -  $N24^\circ E$ ,  $80^\circ S$ ; 3 -  $N10^\circ E$ ,  $70^\circ W$ ; 4 -  $N20^\circ E$ ,  $70^\circ NW$ ; 5 -  $N20^\circ E$ ,  $72^\circ W$ ; 6 -  $N20^\circ E$ ,  $80^\circ NW$ ; 7 -  $N20^\circ E$ ,  $90^\circ$ ; 8 -  $N30^\circ E$ ,  $90^\circ$ ; 9 -  $N12^\circ E$ ,  $80^\circ W$ ; 10 -  $N10^\circ E$ ,  $88^\circ W$ . Orientação das falhas:  $F_1$  -  $N30^\circ W$ ,  $65^\circ SE$ ;  $F_2$  -  $N20^\circ E$ ,  $80^\circ NW$ .

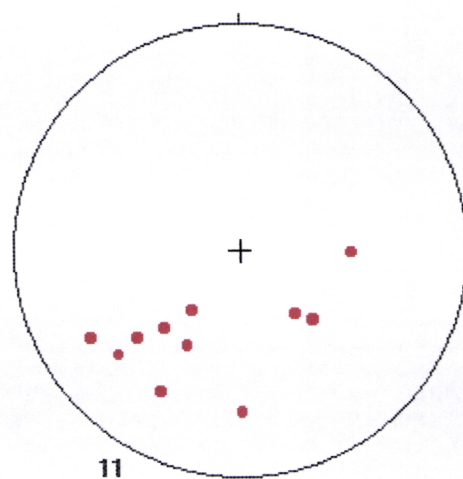
Através da observação desta alternância entre zonas de deformação mais intensa onde os sedimentos se encontram extremamente dobrados (figuras 44 e 45), e zonas mais monótonas onde os sedimentos sofreram poucas perturbações mas em que estão cortados por fracturas preenchidas por quartzo de exsudação (figuras 48 e 50), pode concluir-se que se está perante um corredor de cisalhamento N 130° com uma banda de deformação central mais dúctil correspondente aos dobramentos, e duas bandas periféricas de deformação mais frágeis correspondentes aos bordos do cisalhamento. Este corredor de cisalhamento apresenta um movimento esquerdo.

#### II.2.2.2.9. Zona I

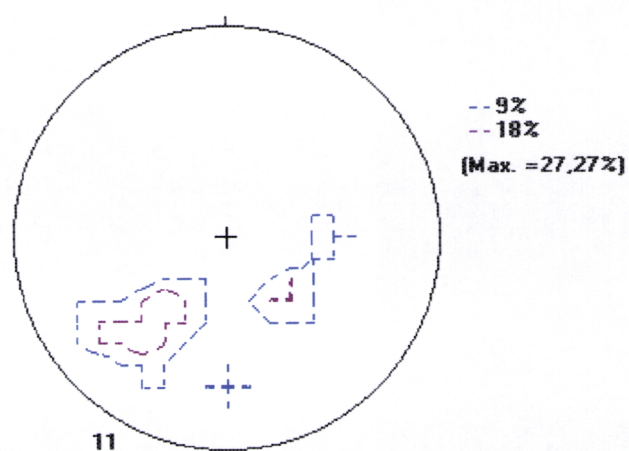
Corresponde à área mais a Sul da estrada R.S. 501 e do Oued Rhiraia (mapa 1 – pag. 21).

É uma zona com menor deformação, com sedimentos dispostos em sequências mais monótonas do ponto de vista estrutural. No entanto ao representar as atitudes da estratificação numa projecção estereográfica e elaborar o seu respectivo diagrama de densidades (figuras 51 e 52) demonstra-se que existem duas direcções preferencias, uma NW e a outra NE.

Esta sequência aparentemente monótona também está dobrada, mas como a zona I é uma zona que não é atravessada por corredores de cisalhamento, então esses dobramentos são de grande amplitude, mantendo no entanto atitudes de plano axial semelhantes às encontradas em toda a região cartografada de Zawiat Moulay Brahim, ou seja, planos axiais com direcção N-S, inclinação sub-vertical e eixos inclinados moderadamente (10 a 20°) para Norte.



**Figura 51** – Projeção estereográfica das estratificações na zona I (Rede de Schmidt, hemisfério inferior).



**Figura 52** – Diagrama de densidades relativas às estratificações na zona I.