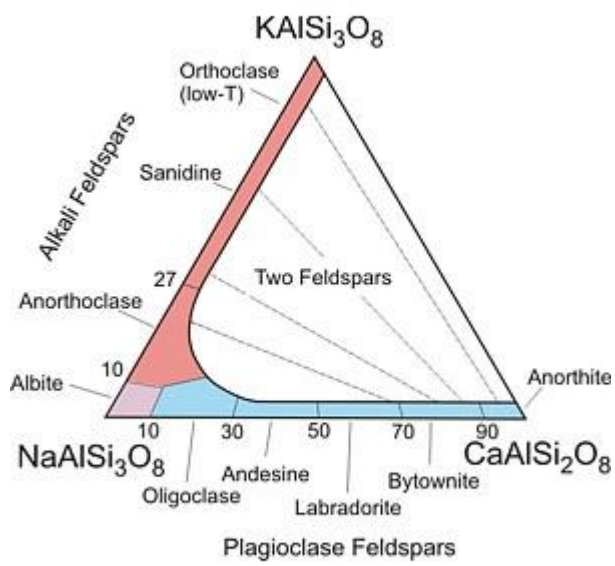


## CAPÍTULO V – QUÍMICA MINERAL



*"Andas a escrever para estruturalistas*

*com um QI superior a 150?*

*R. Dias, 2014*

## 1. INTRODUÇÃO E METODOLOGIAS

Para uma melhor caracterização de algumas unidades em estudo, e para a realização de geotermobarometria (capítulo VI), realizou-se uma análise sintética de química mineral para anfíbulas, granadas, piroxenas, feldspatos e biotites.

As análises foram obtidas por na microsonda electrónica JEOL JXA 8200 do Laboratório de microsonda electrónica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. As contagens iniciais foram corrigidas automaticamente segundo o método ZAFO e calibradas em função de padrões naturais (minerais e metal puro – Cr). Os potenciais de aceleração aplicados foram de 15kv em corrente de emissão de 25nA. O erro analítico para os elementos maiores foi, de um modo geral, inferior a 2%.

As fórmulas estruturais dos diferentes minerais foram calculadas com base no número de átomos de oxigénio, e encontram-se listadas na Tabela 1.

Tabela 1. Listagem das fórmulas estruturais e o número de oxigénios utilizado como base no cálculo das fórmulas estruturais.

MINERAL	FÓRMULA ESTRUTURAL	NÚMERO DE OXIGÉNIOS
Anfíbulas	$A_{(0-1)} X_2 Y_5 T_8 O_{22} (OH, F, Cl)_2$	23
Granadas	$A_3 O_2 T_3 O_{12}$	24
Piroxenas	$M_2 M_1 T_2 O_6$	6
Feldspatos	$(Ca, Na, K) Al (Al, Si)_2 O_8$	32
Biotites	$KMg_{2.5} Fe_{2+0.5} AlSi_3 O_{10} (OH)_{1.75} F_{0.25}$	20 (+4OH <sup>-</sup> )

### 1.1 Anfíbulas

As anfíbulas só são identificadas nas unidades calcosilicatadas e nos paleossomas calcosilicatados. Na Tabela 1 (Anexo III) encontram-se os resultados obtidos resultantes da análise de química mineral, calculados com base na fórmula estrutural (Tabela 1; Leake *et al.*, 1977; Deer *et al.*, 1992). A posição A pode ser ocupada pelo Na<sup>+</sup> e/ou K<sup>+</sup>. A posição X ou M4 é ocupada por catiões mono ou bivalentes (*e.g.* Na<sup>+</sup>, Li<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>), enquanto que a posição Y representa as posições M1, M2 e M3, preenchidas por catiões bi, tri ou tetravalentes (Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Ti<sup>4+</sup>). A posição T corresponde à posição tetraédrica, preferencialmente ocupada pelo Si<sup>4+</sup> e Al<sup>3+</sup>, podendo também conter Fe<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup> e Ti<sup>4+</sup>. As proporções relativas de Fe<sup>2+</sup> e Fe<sup>3+</sup> foram calculadas por balanço de cargas, assumindo que o ferro é o único elemento que pode apresentar valência variável.

### 1.2 Granada

As granadas apenas foram observadas nas rochas calcosilicatadas, sendo que a síntese dos resultados obtidos se encontram listados na Tabela 2 do Anexo III, calculadas com base na fórmula estrutural referida na Tabela 1. Assim, na posição A podem ser incorporados catiões bivalentes ou monovalentes (Fe<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup>), enquanto que a posição O pode ser ocupada por Al<sup>3+</sup>,

$\text{Fe}^{3+}$  e eventualmente  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  se for necessário. A posição T faz coordenação com  $\text{Si}^{4+}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , se necessário. As proporções relativas de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  foram calculadas por balanço de cargas na base estequiométrica da fórmula estrutural da granada.

### 1.3. Piroxenas

As piroxenas só foram observadas associadas às rochas calcossilicatadas. Na Tabela 3 (Anexo III) encontram-se listadas as análises referentes a este mineral, que foram realizadas tendo como base a fórmula estrutural que se encontra na tabela 1 (Cameron e Papike, 1980). A posição M2 é ocupada por catiões mono e bivalentes ( $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ) em coordenação cúbica ou octaédrica, enquanto que a M2 é ocupada por catiões bi ou trivalentes ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ), bem como o  $\text{Ti}^{4+}$ , em coordenação octaédrica na posição M1. A posição T é ocupada pelos catiões  $\text{Si}^{4+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  em coordenação tetraédrica. O  $\text{Fe}^{3+}$  foi calculado com base na estequiometria das piroxenas, por balanço de cargas.

### 1.4. Feldspatos

Ocorrem essencialmente plagioclases nas unidades calcossilicatadas, enquanto que nas unidades pelíticas se verificou a existência tanto de feldspato potássico como de plagioclase sódica. As análises efectuadas encontram-se listadas na Tabela 4 (Anexo III), e foram determinadas tendo como base a fórmula estrutural que se encontra na Tabela 1. As proporções catiónicas, por unidade de fórmula, foram calculadas segundo a fórmula geral  $(\text{Ca,Na,K})\text{Al}(\text{Al,Si})_2\text{O}_8$  com base de 32 oxigénios (Deer *et al.*, 1992), assumindo o ferro total como férrico.

### 1.5. Biotites

As biotites ocorrem associadas à maioria das unidades em estudo, excepto às unidades calcossilicatadas (excepto a amostra JPC-20).

As análises realizadas tiveram como base a fórmula estrutural que se encontra na Tabela 1, sendo que no Anexo III (Tabela 5), se encontram os resultados.

## 2. RESULTADOS DE QUÍMICA MINERAL

### 2.1 Anfíbolas

As anfíbolas que ocorrem associadas às unidades calcossilicatadas apresentam 2 grupos distintos: as actinolites e as hornblendas, sendo que nas hornblendas ainda se distingue uma variabilidade entre os termos mais ricos em magnésio e os termos mais ricos em ferro (Fig. 1).

Para as rochas calcossilicatadas  $X_{\text{Mg}}$  varia entre 0.4 e 0.5 para a JPC-5, enquanto que nos paleossomas  $X_{\text{Mg}}$  varia 0.74-0.99 (JPC-14b e JPC-15). A JPC-17 e JPC-20 resultam como termos intermédios entre as séries apresentadas, podendo chegar a  $X_{\text{Mg}}$  entre 0.68 e 0.75.

As razões  $(\text{Na} + \text{K})\text{A}$  e  $(\text{Ca} + \text{Na})\text{B}$  são variáveis, consoante as anfíbolas são hornblendas (mais altos) ou actinolites (razões mais baixas). De um modo geral todas as anfíbolas são bastante cálcicas (12.64 – 10.73 Wt%).

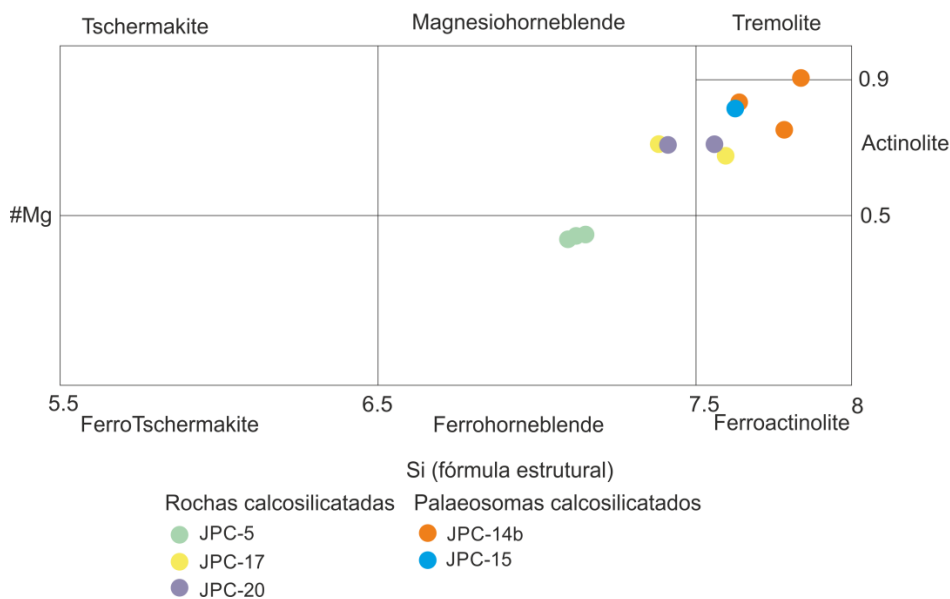


Figura 1. Variação composicional das anfíbulas (valores médios) para os diferentes litótipos.

## 2.2 Granadas

As granadas apenas ocorrem nas unidades calcosilicatadas, como referido anteriormente, apresentando uma homogeneidade química bastante forte. Tanto os bordos como os núcleos apresentam uma composição química muito semelhante, com variações na ordem do 0.1 a 0.05 Wt%. Assim, a JPC-5 é constituída por granadas com  $X_{Al} = 0.52$  a  $0.55$  e  $X_{Gr} = 0.25$  a  $0.29$ . Já a JPC-17 apresenta um enriquecimento relativo na molécula espessartínica ( $X_{Spss} = 0.13$  a  $0.15$  na JPC-5, para  $X_{Sp} = 0.21$  a  $0.24$ ), com  $X_{Al} = 0.42$  a  $0.46$  e  $X_{Gr} = 0.26$  a  $0.32$ . Assim, de modo geral, é possível verificar que as granadas destes litótipos apresentam conteúdos em Fe muito elevados, seguidos de conteúdos em Ca também consideráveis, o que seria expectável atendendo ao protólito destas unidades, naturalmente com uma composição química favorável a fases minerais ricas em Ca. Por se considerar a inexistência de um bordo distinto do núcleo no caso das granadas, não se realizaram perfis composicionais.

## 2.3. Clinopiroxenas

As clinopiroxenas analisadas evidenciaram elevada percentagem da molécula wollastonítica, o que novamente era esperado, exibindo um conteúdo em Ca elevado ( $X_{Wo} = 0.47$  a  $0.48$ ). Apresenta, ao contrário das granadas, um maior equilíbrio entre as razões de Fe e Mg, exibindo  $X_{En} = 0.24$  a  $0.26$  e  $X_{Fs} = 0.27$  a  $0.29$ . Esta ligeira variação faz com que se possa classificar as piroxenas associadas ao litótipo JPC-5 de hedenbergites (Fig. 2).

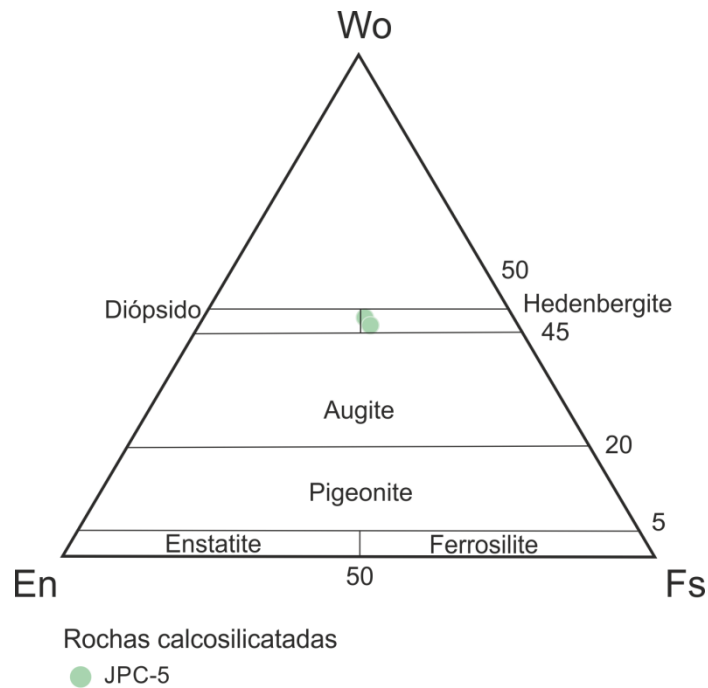


Figura 2. Gráfico de variação composicional associada às piroxenas analisadas (médias).

Novamente, não se verificou a existência de um zonamento químico considerável, evidenciando a homogeneidade destes minerais, e, possivelmente, um arrefecimento rápido após a sua gênese, não permitindo formar bordos composicionalmente distintos.

#### 2.4. Feldspatos

A análise da composição dos feldspatos nos diferentes litótipos evidenciou algumas diferenças, como sendo a a molécula anortítica mais expressiva nas rochas calcossilicatadas ( $X_{An} = 0.91$  a  $0.99$ ), em especial a JPC-5 e JPC-17, em contraste com os feldspatos potássicos, com  $X_{Or} = 0.91$  a  $0.94$  ou as albites ( $X_{Ab} = 0.9$  a  $0.95$ ) que ocorrem nos metatexitos (Fig. 3).

No que diz respeito aos paleossomas, verifica-se uma dispersão maior, verificando-se a ocorrência de termos mais ricos em Na (Oligoclase) e outros com conteúdo em Ca intermédio (Andesina). Os resultados são, no entanto, bastante consistentes (para JPC-14b,  $X_{Ab} = 0.6$  a  $0.79$ ).

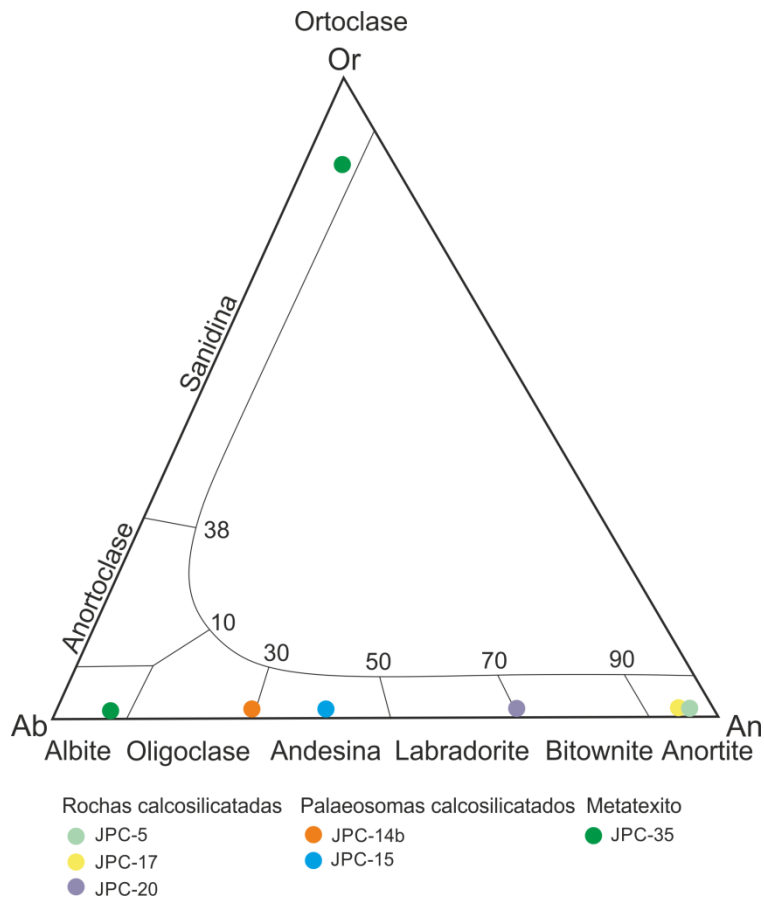


Figura 3. Variação composicional dos litótipos analisados (médias) no gráfico Ab-An-Or.

## 2.5. Biotites

A Figura 4 sintetiza os resultados obtidos da análise química das biotites dos diferente litótipos.

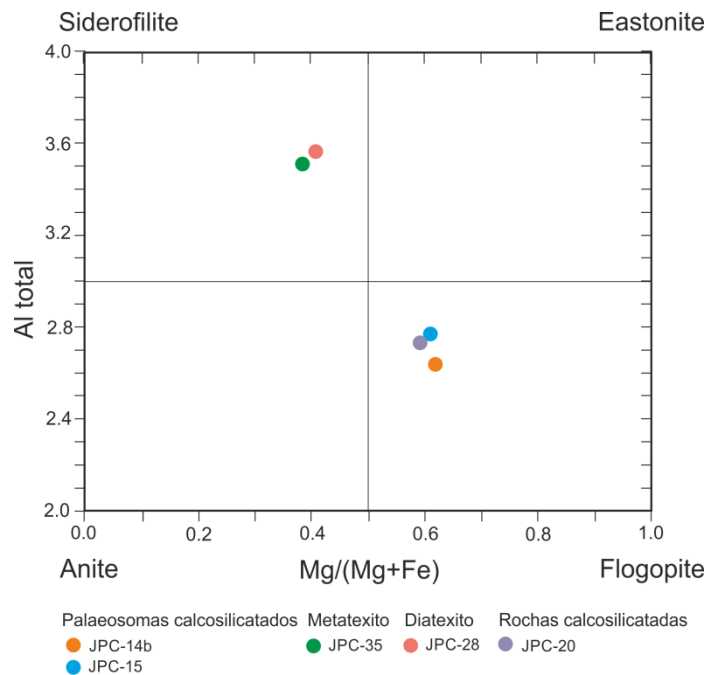


Figura 4. Variação composicional das biotites analisadas (médias) para os diferentes litótipos.

Observa-se que as biotites referentes aos metatexitos e diatexitos são em tudo semelhantes, ricas em Fe e com Al<sup>T</sup> elevado (19 – 21 Wt% e 19 – 20 Wt%, respectivamente). Já as biotites dos paleossomas são bastante homogêneas composicionalmente, não se tendo verificado diferenças entre biotites de maiores dimensões das da matriz, sendo classificadas como flogopites, ligeiramente mais magnesianas que as dos diatexitos e metatexitos (#Mg = 0.60 – 0.63). Os conteúdos de Ti nas biotites são consideráveis, tendo-se verificado para os paleossomas valores de Ti entre 1.6 e 2.6 Wt%, para as unidades diatexíticas 1.7 a 1.8 Wt% e para os metatexitos valores compreendidos entre 1.7 e 2.9 Wt%, ainda que não sejam demasiado elevados, como se poderia esperar para rochas metamórficas de alto grau e para unidades calcossilicatadas. Isto poderá estar relacionado com a existência de outras fases minerais, como a titanite, que absorvem preferencialmente o Ti. No entanto, não foram realizadas análises a mais fases minerais, por não se terem considerado de relevo para a análise geotermobarométrica, aplicação principal para os dados de química mineral aqui referidos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cameron, M., Papike, J.J., 1980. Crystal chemistry of silicate pyroxenes. *Reviews in Mineralogy*, 7: 5-92.
- Deer, W., Howie, R., Zussman, J., 1992. *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. Logman, Harlow-Essex, 629p.
- Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, J. D., Hawthorne, F. C., Kato, A., Kisch, H. J., Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W. V., Nickel, E. H., Rock, N. M. S., Schumacher, J. C., Smith, D. C., Stephenson, N. C. N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J. W., Youzhi, G., 1997. Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Association Commission on New Minerals and Mineral Names. *Mineralogical Magazine*, 61: 295-321.

