

Circunstâncias geoquímicas e estruturais na base de defeitos de rocha ornamental (Região de Nisa - NE alentejano)

A. R. SOLÁ*, M. L. RIBEIRO*, A. MATEUS** & J. F. RAMOS***

Palavras-chave: Granitos; plagioclases; alteração diferencial; microfracturação; química mineral; substituição iónica.

Resumo: A exploração industrial de algumas fácies graníticas do Complexo Eruptivo de Nisa, (CEN), alertou para um tipo de alteração diferencial que se desenvolve em alguns cristais de plagioclase. Dados petrográficos e de química mineral dos exemplares estudados, permitiram verificar que os domínios centrais dos cristais, fortemente zonados, apresentam um padrão de deformação/alteração precoce, relativamente aos domínios mais periféricos (mais ricos em sódio e fósforo). A circulação relativamente tardia de fluidos, promovida pela fracturação existente no bordo E do CEN deverá intensificar as diferenças de comportamento entre esses dois domínios, permitindo que, mais tarde a meteorização progrida de forma diferencial.

Key-words: Granites; Plagioclase feldspar; differential alteration; microfracturation; mineral chemistry; ionic substitution.

Abstract: The industrial exploitation of some granitic facies of the Nisa Eruptive Complex (CEN) showed the differential alteration that occurs in some plagioclase crystals. Petrographic and mineral chemistry data of some of the studied specimens allow to verify that the cores of crystals (strongly zoned), presents a pattern of deformation/alteration, relatively earlier compared to the rims (richer in sodium and phosphorous). The relatively late circulation of fluids, enhanced by the fracturation observed in the East margin of the CEN, should have intensify the different behaviour between cores and rims of plagioclase. Lately this will provide the development of the referred differential alteration.

INTRODUÇÃO

O Complexo Eruptivo de Nisa (CEN) desenvolve-se no domínio de contacto entre as Zonas Centro-Ibérica e de Ossa-Morena, compreendendo várias fácies graníticas, progressivamente diferenciadas para E, algumas das quais enquadram mineralizações de fósforo e de urânio. A exploração industrial de certas fácies graníticas deste Complexo colocou em evidência um tipo de alteração muito particular que, destruindo parcial ou totalmente determinados cristais de plagioclase, penaliza a extracção destas rochas, desvalorizando-as como pedra ornamental. A observação petrográfica detalhada de exemplares representativos dos vários estádios de alteração, revela que as transformações químico-estruturais se iniciam nos domínios centrais e se estendem progressivamente a todo o cristal, conduzindo ao seu completo desmonoramento na fase final; note-se, contudo, que cristais alterados e são coexistem lado a lado. O presente trabalho visa a caracterização deste fenómeno de alteração, apresentando de forma sumária os principais resultados adquiridos no âmbito da análise petrográfica e da química mineral. Tecem-se, por fim, algumas considerações sobre as circunstâncias que poderão justificar a alteração diferencial evidenciada pelas plagioclases, determinando a maior vulnerabilidade de algumas delas aos processos de meteorização.

CARACTERIZAÇÃO PETROGRÁFICA

As fácies graníticas que tipicamente encerram os cristais de plagioclase alterados apresentam granularidade grosseira, variável e são essencialmente constituídas por quartzo + feldspato alcalino + plagioclase + biotite ± moscovite + óxidos de ferro. As plagioclases alvo de alteração diferencial apresentam, por norma, zonação óptica e correspondem vulgarmente a cristais subeuédricos, por vezes de grandes dimensões (> 2cm). Inclusões micrométricas de quartzo, filossilicatos e, em certos casos, biotite, podem ser reconhecidas com relativa facilidade em muitos dos exemplares examinados. Bandas geometricamente irregulares e relativamente límpidas (de composição distinta, como veremos adiante), podem ainda ser identificadas no seio de alguns núcleos fortemente deformados.

Regra geral, os domínios centrais dos cristais de plagioclase apresentam forte fracturação, a qual se desenvolve preferencialmente segundo direcções subperpendiculares aos planos de macla e/ou de clivagem; a “turbidez” mais ou menos pronunciada que se pode observar, decorre invariavelmente da presença de agregados sericítico-quartzosos,

* Instituto Geológico e Mineiro, Departamento de Geologia, Estrada da Portela, Zambujal, 2720 Alfragide

** Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Bloco C2, 5º Piso, Campo Grande, 1700 Lisboa

*** Instituto Geológico e Mineiro, Laboratório, Rua da Amieira, 4465 S.Mamede de Infesta

tardiamente instabilizados e substituídos por agregados de quartzo e minerais de argila (ainda não identificados de forma precisa). Os domínios periféricos dos cristais de plagioclase surgem, pelo contrário, opticamente límpidos, contendo por vezes inclusões micrométricas, arredondadas, de quartzo; nestes domínios do edifício cristalino, os efeitos da microfracturação não se fazem sentir com grande intensidade. Acresce mencionar o facto da transição núcleo-bordo não se processar de forma gradual, sendo frequentemente sublinhada por microfracturação notória.

QUÍMICA MINERAL

Por forma a caracterizar a variabilidade composicional dos cristais de plagioclase e estabelecer mapas de zonação química, realizaram-se algumas dezenas de análises pontuais com o auxílio da microsonda electrónica Cameca Camebax do Laboratório do I.G.M. calibrada com padrões naturais e sintéticos, nas seguintes condições analíticas: 15 kV de potencial de aceleração, 20 nA de corrente, e tempos de contagem de 20 s e 10 s (pico e fundo, respectivamente); o diâmetro do feixe utilizado foi de 5 μm . A tabela 1 lista análises químicas (e respectivas distribuições catiónicas calculadas na base de 32 oxigénios) representativas das que se obtiveram para os cristais esquematicamente representados na fig. 1A.

As análises químicas disponíveis revelam que a natureza das plagioclases alvo de alteração pronunciada é predominantemente do tipo oligoclase ou albite/oligoclase, existindo uma forte zonação composicional do núcleo para a periferia (vejam-se, por exemplo, os perfis químicos presentes na fig. 1B). Tal zonação traduz-se não só ao nível dos conteúdos anortíticos, mas também pela incorporação significativa de P nas bandas de crescimento tardio dos cristais analisados, chegando a atingir 1,03 wt% P_2O_5 no cristal 2 (análise n°32a).

Os desvios à composição ideal das plagioclases (dada pela fórmula MT_2O_8 , onde $\text{M} = \text{Na}^+$, Ca^{2+} e $\text{T} = \text{Si}^{4+}$, Al^{3+}) podem ser globalmente apreciados com base na projecção das razões $\text{Al}/(\text{Al}+\text{Si})$ vs $\text{Ca}/(\text{Ca}+\text{Na}+\text{K})$ – fig. 2A. Não obstante alguns dos desvios serem passíveis de atribuição a erros analíticos, outros aparentam ser sistemáticos e, conseqüentemente, significativos na caracterização dos afastamentos à composição teórica $\text{Na}_x\text{Ca}_{(1-x)}\text{Al}_{(2-x)}\text{Si}_{(2+x)}\text{O}_8$ ($0 \leq x \leq 1$). O desvio mais notório prende-se, efectivamente, com a incorporação de fósforo na estrutura das plagioclases, a qual se processa de acordo com o vector $\text{Al}_{+1}\text{P}_{+1}\text{Si}_{-2}$ (substituição berlínítica). As projecções gráficas Al vs $2 \times \text{Si}$ – fig. 2B, permitindo corrigir os efeitos decorrentes desta última substituição catiónica, mostram, contudo, que a existência de vazios de ocupação deverá ser considerada na interpretação dos dados disponíveis, porquanto não existem quaisquer evidências ou indícios sobre a operacionalidade de qualquer outro tipo de substituição iónica.

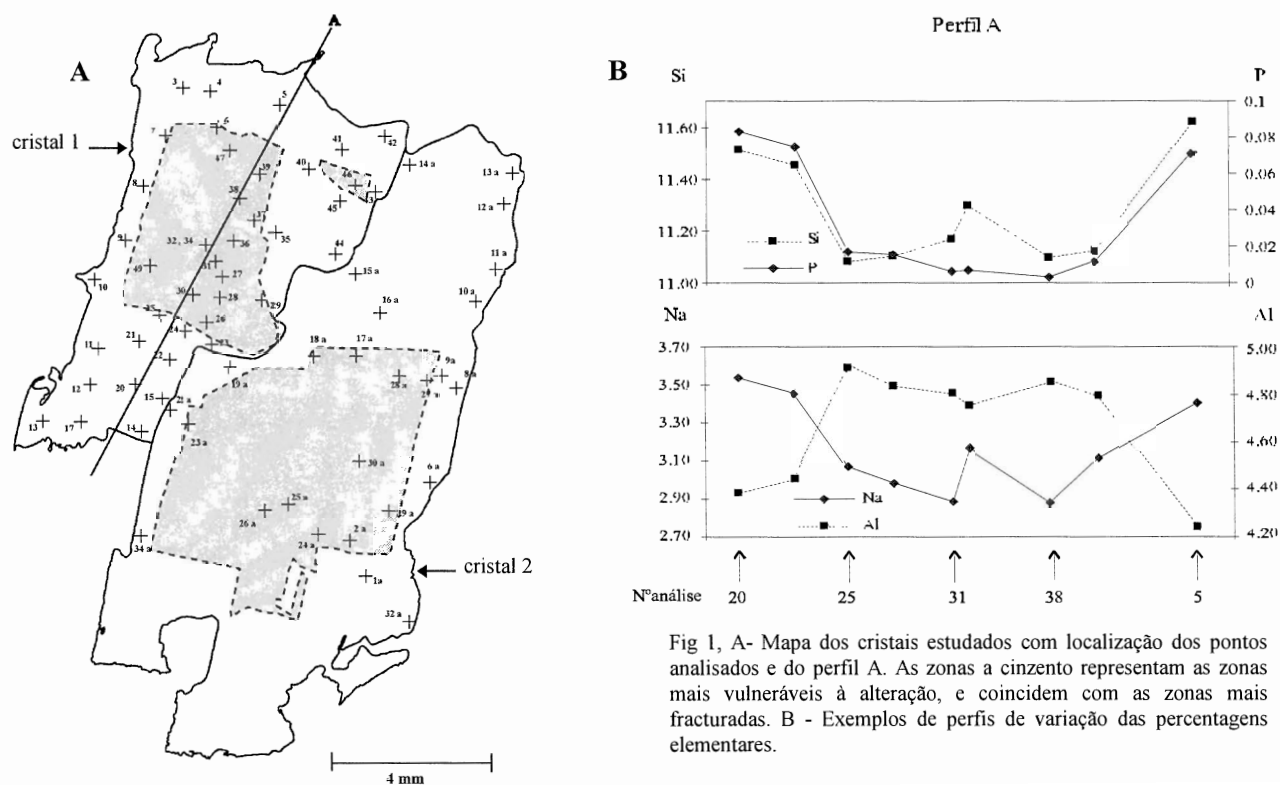


Fig 1, A- Mapa dos cristais estudados com localização dos pontos analisados e do perfil A. As zonas a cinzento representam as zonas mais vulneráveis à alteração, e coincidem com as zonas mais fracturadas. B - Exemplos de perfis de variação das percentagens elementares.

Tabela 1 - Análises químicas e fórmulas estruturais representativas dos pontos analisados. As áreas sombreadas correspondem às zonas a cinzento da Figura 1A.(localização das análises na Fig 1A).

Nºanálise	20	22	25	30	31	32	34	38	39	5	12a	17a	28a	24a	32a
SiO ₂	64.63	64.81	62.18	62.30	63.35	63.82	63.18	62.35	61.81	66.08	64.63	62.79	61.10	61.84	65.47
Al ₂ O ₃	20.87	21.33	23.39	23.02	23.13	22.65	22.65	23.13	22.58	20.46	20.94	23.16	24.04	23.34	20.87
FeO(t)	0.00	0.10	0.02	0.00	0.00	0.10	0.02	0.00	0.00	0.07	0.02	0.11	0.05	0.01	0.00
TiO ₂	0.00	0.03	0.04	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.04	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
P ₂ O ₅	0.55	0.50	0.11	0.10	0.04	0.14	0.02	0.02	0.08	0.48	0.64	0.21	0.17	0.11	1.03
CaO	1.87	2.22	4.45	4.99	5.10	2.44	4.11	5.37	4.84	2.19	1.37	4.62	4.93	4.87	0.82
Na ₂ O	10.25	10.09	8.89	8.64	8.44	9.34	9.01	8.37	8.93	9.99	10.73	8.85	8.34	8.88	11.08
K ₂ O	0.45	0.52	0.25	0.43	0.19	0.22	0.23	0.42	0.36	0.66	0.25	0.43	0.36	0.42	0.38
MgO	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
MnO	0.06	0.03	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
BaO	0.10	0.03	0.02	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.01	0.07	0.1	0.00
total	98.78	99.69	99.35	99.56	100.31	98.77	99.22	99.66	98.61	100.02	98.66	100.20	99.14	99.59	99.75
cátions c/base em 32 Oxigénios															
Si	11.513	11.450	11.080	11.100	11.169	11.346	11.247	11.099	11.125	11.619	11.506	11.105	10.933	11.034	11.515
Al	4.382	4.441	4.912	4.834	4.806	4.746	4.752	4.853	4.790	4.240	4.394	4.828	5.070	4.908	4.326
Fe ³⁺	0.000	0.015	0.003	0.000	0.000	0.015	0.003	0.000	0.000	0.010	0.003	0.016	0.007	0.001	0.000
Ti	0.000	0.004	0.005	0.005	0.004	0.001	0.000	0.000	0.001	0.005	-	-	-	-	-
P	0.083	0.075	0.017	0.015	0.006	0.021	0.003	0.003	0.012	0.071	0.096	0.031	0.026	0.017	0.153
Σ	15.978	15.985	16.017	15.955	15.985	16.129	16.006	15.954	15.928	15.947	15.999	15.981	16.037	15.961	15.994
Ca	0.357	0.420	0.850	0.953	0.963	0.465	0.784	1.024	0.933	0.413	0.261	0.875	0.945	0.931	0.155
Na	3.540	3.456	3.071	2.985	2.885	3.219	3.110	2.889	3.116	3.406	3.704	3.035	2.894	3.072	3.778
K	0.102	0.117	0.057	0.098	0.043	0.050	0.052	0.095	0.083	0.148	0.057	0.097	0.082	0.096	0.085
Mg	0.000	0.008	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.003
Mn	0.009	0.004	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
Ba	0.007	0.002	0.001	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.003	0.001	0.005	0.007	0.000
Σ	4.015	4.008	3.979	4.041	3.893	3.747	3.946	4.008	4.132	3.973	4.025	4.008	3.928	4.106	4.022
%Ab	88.17	86.23	77.19	73.86	74.10	85.91	78.81	72.07	75.41	85.72	92.03	75.72	73.66	74.82	93.94
%An	9.29	10.85	21.39	23.72	24.80	12.76	19.87	25.55	22.59	10.55	6.56	21.86	24.25	22.85	3.94
%Or	2.55	2.92	1.43	2.42	1.10	1.33	1.32	2.38	2.00	3.73	1.41	2.42	2.09	2.33	2.12

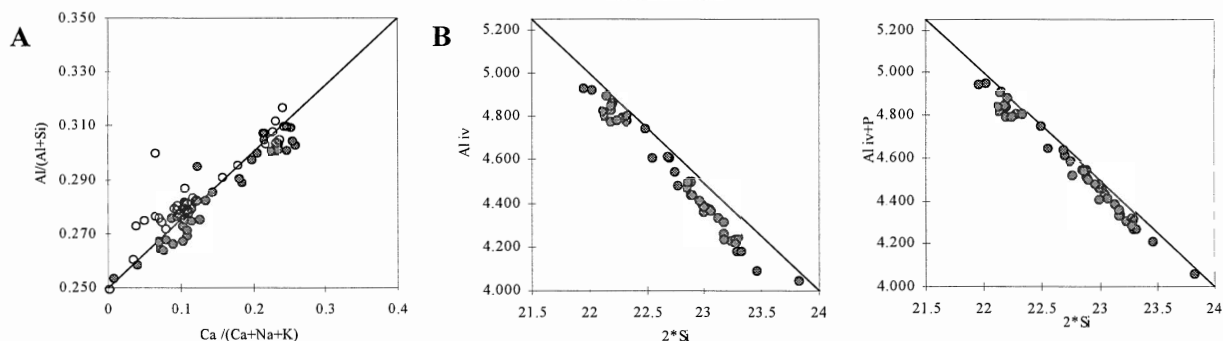


Fig.2 - Desvios observados relativamente às composições teóricas (cristal 1- círculos a cheio; cristal 2 - círculos vazios)

A- Estequiometria observada nas análises químicas efectuadas.

B- Desvios observados na posição tetraédrica, mostrando a incorporação de P na estrutura.

DISCUSSÃO

A alteração registada por muitos cristais de plagioclase estudados é polifásica e afigura-se correlacionável com um percurso evolutivo que, durante as suas derradeiras etapas, induz perda de coesão mais ou menos pronunciada dos núcleos dos edifícios cristalinos, permitindo que, mais tarde, a meteorização progrida de forma diferencial. Assim se justifica o facto de nem todos os cristais de plagioclase serem alvo deste tipo de alteração. Por outras palavras, os domínios cristalinos sujeitos a maiores taxas de meteorização correspondem quase sempre aos núcleos de cristais fortemente zonados, cujo padrão de deformação/alteração precoce traduz um regime de cedência semi-dúctil – semi-frágil para a rocha granítica: ao nível das plagioclases, tal possibilita o desenvolvimento de microfracturas

intragranulares cristalograficamente orientadas, promovendo ainda o estabelecimento de fenómenos de difusão iónica que podem explicar algumas das características composicionais obtidas (nomeadamente o desenvolvimento de bandas irregulares de natureza albítica – bandas de segregação(?)) e as variações mais ou menos significativas dos conteúdos em Al, Ca e Na por unidade de fórmula). Neste contexto, importará salientar que a existência de defeitos pontuais na estrutura das plagioclases (particularmente os vazios de ocupação das posições intersticiais) exerce forte influência nos processos de difusão intracristalina (*e.g.* GILETTI & SHANAHAN, 1997) especialmente activos no decurso dos processos metassomáticos tardi-magmáticos (deutéricos) e/ou durante a deformação dúctil, sintectónica, das rochas graníticas. Tal atribui especial significado ao fluidos intervenientes nos processos de arrefecimento (sintectónico) da rocha granítica sob condições de temperatura compreendidas entre cerca de 500 e 400°C.

Os dados disponíveis para os cristais analisados em detalhe são consistentes e, por norma, revelam que as bandas de crescimento desenvolvidas em torno dos domínios centrais do cristal ocorrem tardiamente, sendo, com grande probabilidade, posteriores ao pico de deformação (e metassomatismo deutérico) registado pela rocha granítica. Tais bandas, praticamente isentas de deformação frágil (pelo menos resolúvel ao microscópio óptico), apresentam-se bastante mais ricas em sódio e fósforo. O facto da incorporação de fósforo nestes tectosilicatos se fazer necessariamente acompanhar por alumínio (por forma a manter o balanço electrostático), permite inferir um aumento do grau de saturação em alumina dos líquidos residuais, o que de certo modo é compatível com a zonação litogeoquímica estabelecida para o CEN, bem como com a natureza mineralógica e distribuição das mineralizações de fósforo, descritas na carta geológica e mineira da região de Nisa-Castelo de Vide (*in* FARIA & MESQUITA, 1962). A fig. 3 ilustra de forma bastante esquemática tal zonalidade com base na distribuição dos valores de P_2O_5 obtidos para um total de 260 amostras.

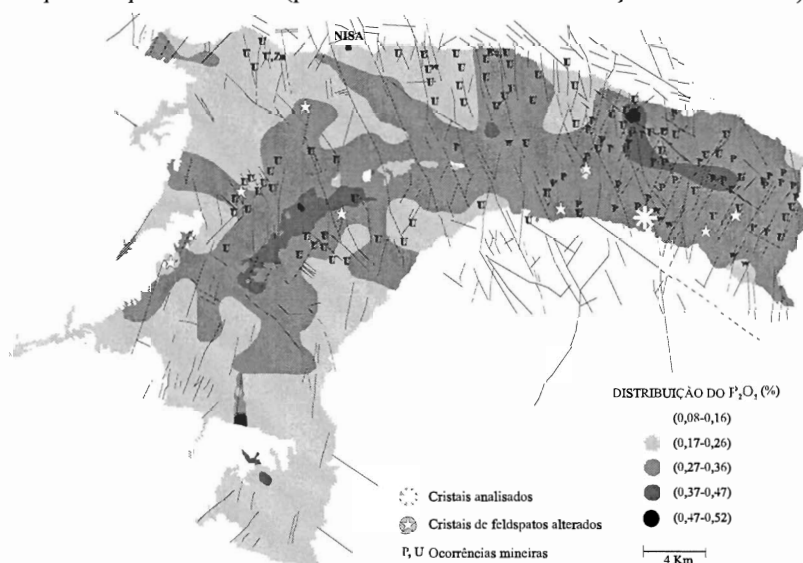


Fig 3 - Distribuição geoquímica do P_2O_5 no CEN., sobreposta com a fracturação e ocorrências minerais. Dados estruturais de CAMPOS & PEREIRA, 1991; Ocorrências minerais segundo a Carta Geológica e Mineira da Junta de Energia Nuclear, 1962.

CEN, acentuando-se no decurso da meteorização pós-exumação das rochas graníticas, deverão reforçar as diferenças de comportamento entre os domínios centrais e periféricos dos cristais de plagioclase.

Tais interpretações, embora plausíveis do ponto de vista geológico, carecem de confirmação por via independente e de generalização. Quer isto dizer que um maior número de amostras deverá ser sujeito a estudos de maior precisão, certamente envolvendo microscopia electrónica de transmissão e/ou análises espectroscópicas.

BIBLIOGRAFIA

- CAMPOS, A. B. & PEREIRA, L. C. G. (1991). - A arquitectura e a fracturação no granito de Nisa (Alto Alentejo-Portugal). Memórias e Notícias, *Publ. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra*, Coimbra, nº112. pp. 121-133.
- FARIA, F. L. & MESQUITA, L. P. (1962) - Jazigos de Urânio da região de Nisa - Castelo de Vide; *Bol. da Soc. Geol. de Portugal* - Vol. XIV, pp 121- 139.
- GILETTI, B. J. & SHANAHAN, T. M. (1997) – Alkali diffusion in plagioclase feldspar, *Chem. Geol.*, 139: 3-20.