

“

MODELAÇÃO DE SISTEMAS GEOLOGICOS

Homenagem ao Professor Doutor Manuel Maria Godinho

”

L.J.P.F. NEVES, A.J.S.C. PEREIRA,
C.S.R. GOMES, L.C.G. PEREIRA,
A.O. TAVARES

IMPRESA DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA
COIMBRA UNIVERSITY PRESS

MODELAÇÃO DE SISTEMAS GEOLÓGICOS

Homenagem ao Professor Manuel Maria Godinho

O greisen do depósito de caulino de S. Vicente de Pereira Jusã (Ovar). Análise geoquímica da associação quartzo-moscovite

José Velho¹; Alcina Miranda¹; M. Cerdeira¹

¹Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, PORTUGAL, javelho@ua.pt

Palavras-chave: Greisenização, Moscovite, Caulino

Resumo

O depósito de caulino de S. Vicente de Pereira Jusã foi desenvolvido a partir de rochas migmatíticas condicionado por uma faixa de cisalhamento onde ocorreu deformação polifásica. A mineralogia do depósito é bastante complexa sendo evidentes dois estádios. Em primeiro lugar ocorreu um greisen onde se identificam as associações quartzo-moscovite e quartzo-turmalina. Posteriormente a esta fase, ocorreu uma outra relacionada com a formação de caulinite. São evidentes fenómenos de silicificação, turmalinização e greisenização. Neste trabalho são apresentados os resultados relativamente à associação quartzo-moscovite. As amostras retiradas do greisen mostram teores elevados em Al_2O_3 , CaO e perda ao rubro e menores teores em FeO, Na_2O , K_2O e Li_2O . Os valores mais elevados de ferro são provenientes das amostras da fácies pegmatítica enquanto as micas provenientes do greisen apresentam o valor mais baixo. Para além disso as moscovites do greisen apresentam valores baixos de B e de F. O modelo genético pressupõe ter havido um estádio inicial onde ocorreu um processo de albitização. Em seguida teria ocorrido uma circulação de uma fase fluida. Na altura da deformação sin- ou pós-D2, os fluidos caracterizavam-se quimicamente por actividades elevadas de H, B, F, Cl e Li, que modificaram os minerais presentes dando origem a associações mineralógicas do tipo quarto-mica e/ou quartzo-turmalina, que expressam um exogreisen.

Key-words: Greisenization, Mouscovite, Kaolin

Abstract

Kaolin deposit of S. Vicente de Pereira Jusã was developed from migmatitic rocks conditioned by a shear zone where a polyphasic deformation occurred. The mineralogy of the deposit is quiet complex where two stages can be identified. First, a greisen was formed identifying quartz-muscovite and quartz-tourmaline associations. After, occurred the formation of kaolinite. Silicification, turmalinization and greisenization phenomenon are evident. In this research only the results about quartz-muscovite assemblage are presented. Samples from the greisen show high contents in Al_2O_3 , CaO and loss of ignition, and less

contents in FeO, Na₂O, K₂O and Li₂O. The higher contents in Fe are those from the pegmatitic facies while muscovite from the greisen show the lowest content. Besides this information, these muscovites show low contents in B and F. The genetic model assumes an initial stage where an albitization process occurred. Then, a fluid phase followed. During sin or post D2 variscan deformation, these fluids were characterized by high activities of H, B, F, Cl and Li which modified the minerals present giving rise to mineralogical quartz-muscovite and quartz-tourmaline assemblages, which express an exogreisen.

Introdução

O depósito de caulino de S. Vicente de Pereira Jusã localiza-se na freguesia do mesmo nome, no lugar de Outeiro, concelho de Ovar. Geologicamente, faz parte da Zona de Ossa Morena (ZOM), constituída por formações metamórficas do Proterozóico Médio (micaxistos, gnaisses, migmatitos e gnaisses tonalíticos) e Superior (xistos porfiroblásticos, xistos cloríticos e moscovíticos, anfíbolitos e vulcanitos ácidos). Três unidades litoestratigráficas foram identificadas no autóctone do bordo NW da ZOM, da base para o topo: Unidade de Lourosa, Unidade de Espinho e Unidade de Arada (Ribeiro *et al.*, 1995). É na Unidade de Lourosa, caracterizada por metamorfismo de alto grau que ocorre o depósito de caulino de S. Vicente de Pereira Jusã, localizado mais concretamente no migmatito, isto é, no membro inferior da Unidade.

Ocorrem nesta unidade numerosos filões e injeções de granitóides de duas micas, atingindo-se a migmatização na parte central do antifórma de Vila da Feira. A migmatização é considerada contemporânea da fase D3 varisca (Ribeiro *et al.*, 1995). Os afloramentos daqueles granitóides, denominados de ortognaisses graníticos, constituem maciços dispersos de dimensões relativamente pequenas, alongadas segundo a direcção da xistosidade, N30°W (Aguado, 1992) (Figura 1). Pode-se definir uma pequena faixa com 1-2 km de largura média, por cerca de 25 km de extensão, em afloramentos descontínuos, por entre os xistos, desde Espinho até Adães. A maioria das intrusões graníticas encontra-se caulinizada e coberta por depósitos pliocénicos. Estas formações apresentam um estado de alteração superficial elevado que se encontram cobertas por numerosos depósitos de cobertura (altos níveis de praias antigas). São frequentes as intrusões de filões de quartzo com turmalina segundo direcções N60-70°E. O contacto com os xistos é franco e não se percebe qualquer auréola de metamorfismo. O depósito de caulino de S. Vicente de Pereira Jusã estende-se segundo um alinhamento NNW-SSE e é paralelo à falha que separa a Unidade de Lourosa da Unidade de Arada, tem, portanto, o mesmo

alinhamento da Faixa Blastomilonítica e a sua extensão foi estimada cobrindo uma área de cerca de 11 km² (Barbosa, 1988).

Neste depósito ocorrem paragénese mineralógicas que traduzem, entre outros, um fenómeno de greisenização o que torna este depósito de grande interesse mineralógico. Bobos e Gomes (1998) analisaram não apenas o greisen mas também a alteração pós-greisen, responsável pela formação de caulinite. O objectivo deste trabalho é uma contribuição para um melhor conhecimento geoquímico do exogreisen expresso pelo fenómeno de metassomatismo que deu origem à associação quartzo-moscovite, tentando interpretar a sequência de acontecimentos envolvidos.

O greisen quartzo-moscovite

Um greisen resulta de complexos processos metassomáticos tardios a posmagmáticos, que ocorrem no interior ou próximo de corpos graníticos consolidados e rochas adjacentes, sendo este processo precedido de metassomatismo alcalino durante o qual são produzidos os iões H⁺ que iniciam o processo (Pirajno, 1992; Stemprok, 1987).

A geologia do depósito de caulino de S. Vicente de Pereira Jusã é relativamente complexa e, por vezes, de difícil interpretação e cartografia devido à actividade extractiva bem como à qualidade dos afloramentos. Em certas áreas do depósito ocorre uma associação típica de quartzo e mica, por vezes com turmalina, que traduz um greisen. As associações mais comuns são quartzo-mica e quartzo-mica-turmalina, relacionadas muitas vezes com zonas onde ocorrem veios de quartzo aos quais se encontra associada uma fácies mais pegmatítica. Na figura 2 representa-se em esquema um afloramento com o greisen que surge em diversas zonas do depósito com diferentes granulometrias. A mica encontra-se parcialmente caulinizada e tem uma cor característica amarela-esverdeada.

Foram analisadas diversas amostras de micas tendo-se utilizado para tal os métodos analíticos da Fluorescência de Raio X (FRX), para a determinação dos elementos maiores, excepto o Na e o K que foram avaliados por espectrofotometria de chama. O F foi avaliado pelo método dos eléctrodos selectivos, enquanto para o B foi usada a espectrofotometria de plasma acoplado induzido (ICP). Para os elementos menores foi usada a espectrofotometria de absorção atómica.

As micas analisadas foram provenientes do migmatito alterado por argilização (M1 e M2) sendo que a amostra M1 possui um grão mais fino que a amostra M2, da fácies pegmatítica (M3, M4, M5), com granulometrias diferentes por ordem crescente. Analisaram-se duas amostras de mica

provenientes da fácies greisenizada (M6, M7) bem como de uma amostra do material mais caulinizado recolhida junto a uma fractura (M8). Sabe-se que a história da mica é complexa e diferentes gerações podem sobrepor-se espacialmente o que torna muito difícil o isolamento estrito de fases puras (Charoy, 1979). Na tabela 1 encontra-se representada a análise química das micas enquanto na tabela 2 são apresentados os resultados de F e de B, também naquelas micas.

Comparativamente com as restantes amostras, aquelas retiradas do greisen mostram teores mais elevados em Al_2O_3 , CaO e perda ao rubro e menores teores em FeO, Na_2O , K_2O e Li_2O , demonstrando que se está perante uma moscovite secundária formada, ao que tudo indica, a partir da plagioclase. Esta constatação mostra que o endogreisen já não se encontra presente no depósito estando-se perante o exogreisen, isto é, a fase posterior da alteração do greisen. Os valores mais elevados de ferro são provenientes das amostras da fácies pegmatítica (M3, M4, M5) enquanto as micas provenientes do greisen (M6 e M7) apresentam o valor mais baixo.

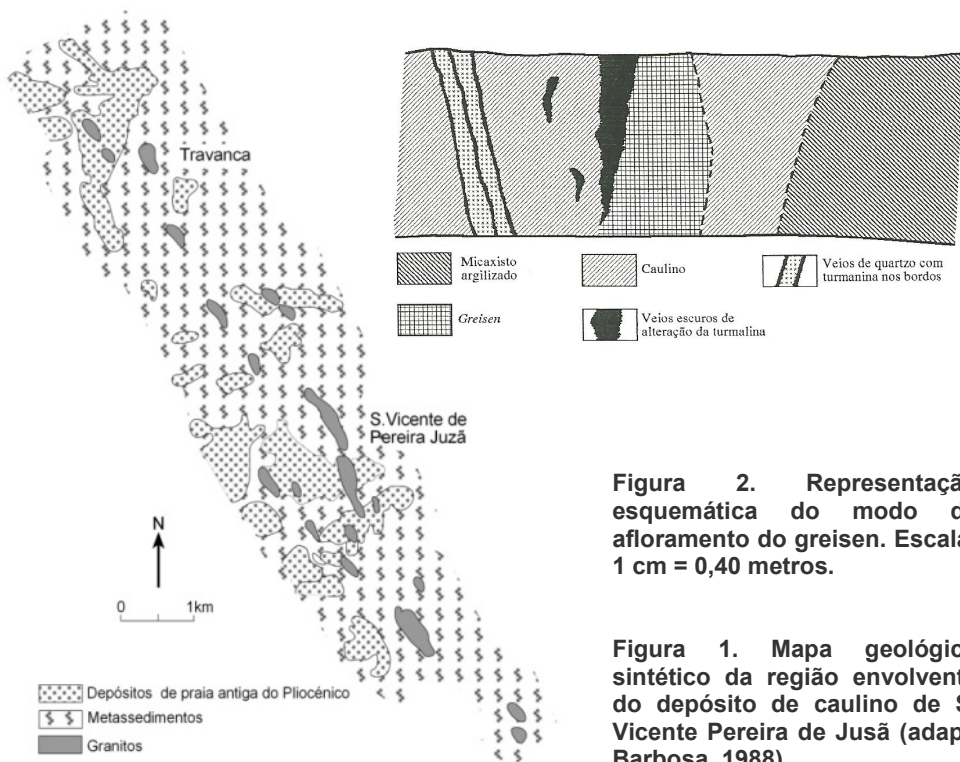


Figura 2. Representação esquemática do modo de afloramento do greisen. Escala: 1 cm = 0,40 metros.

Figura 1. Mapa geológico sintético da região envolvente do depósito de caulino de S. Vicente Pereira de Jusã (adapt. Barbosa, 1988).

Os teores em B e em F são muito baixos. O B parece possuir um comportamento inverso ao do Li, bem identificado nas amostras provenientes do pegmatito se bem que se possa delimitar os diferentes domínios (Figura 3). Quanto ao F passa-se o oposto (Figura 4), havendo entre este elemento e o Li uma correlação positiva onde, mais uma vez, os diferentes domínios se encontram bem definidos.

Tabela 1. Resultados da análise química nas micas de diferentes proveniências (valores em %).

Ref	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Li ₂ O	P.R.	Total
M1	50,89	29,97	1,08	0,60	0,31	0,02	0,43	0,17	0,42	9,77	0,30	6,02	99,98
M2	50,95	33,34	0,15	0,70	0,31	0,02	0,12	0,14	0,90	8,98	0,06	4,60	100,09
M3	46,30	34,78	0,09	1,61	0,80	0,01	0,04	0,17	0,60	9,14	1,05	5,23	100,02
M4	45,05	34,10	0,08	1,91	0,88	0,05	0,09	0,18	0,80	11,00	0,82	5,09	100,05
M5	44,62	34,75	--	1,91	0,82	0,04	--	0,18	0,59	10,81	1,02	5,27	100,01
M6	45,23	37,25	0,24	0,51	0,21	0,03	0,21	0,19	0,16	7,98	0,02	7,77	99,80
M7	45,66	37,12	0,02	0,48	0,28	0,06	0,24	0,15	0,18	8,48	0,06	7,22	99,95
M8	46,69	35,89	0,33	0,53	0,23	0,05	0,09	0,19	0,37	6,94	0,06	8,70	100,07

Número de iões na base de 24 (O,OH)									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Si	6,764	6,631	6,153	6,076	5,998	6,105	6,121	6,309	
^{IV} Al	1,236	1,369	1,847	1,924	2,002	1,895	1,879	1,691	
^{VI} Al	3,458	3,745	3,593	3,497	3,536	4,029	3,986	3,993	
Fe ²⁺	0,067	0,076	0,200	0,217	0,218	0,057	0,077	0,060	
Fe ³⁺	0,030	0,030	0,089	0,089	0,094	0,021	0,029	0,006	
Mg	0,086	0,232	0,016	0,002	0,004	0,041	0,048	0,028	
Mn	0,002	0,022	0,005	0,006	0,009	0,032	0,007	0,018	
Ti	0,108	0,015	0,009	0,008	---	0,002	0,002	0,034	
Ca	0,024	0,014	0,016	0,052	0,052	0,049	0,022	0,028	
Na	0,112	0,202	0,189	0,209	0,210	0,048	0,047	0,097	
K	1,656	1,484	1,543	1,893	1,857	1,378	1,450	1,202	
Li	0,214	0,031	0,558	0,499	0,551	0,011	0,032	0,033	

O Li possui um papel importante, senão mesmo preponderante, ao nível das micas, ao longo dos processos metassomáticos posmagmáticos. As fácies pegmatíticas representam termos das séries evolutivas graníticas originados a partir do magma residual rico em gases que pode ter concentrações de elementos voláteis como Li, F, B, Cl, entre outros. É natural, portanto, que as fases minerais que as constituem (neste caso a

mica), apresentem teores mais elevados desses elementos do que as que se formaram noutras condições.

Charoy (1979) havia mostrado que a greisenização desenvolve fases micáceas fortemente aluminosas não litíferas. Ao longo da greisenização a actividade do lítio ao nível das fases micáceas começará por aumentar, para diminuir fortemente nas fases posteriores. Os resultados mostram que o teor em Li é baixo.

Tabela 2. Teores de F e de B nas micas (valores em ppm).

Elemento	M1	M3	M4	M5	M6	M7
B	3,20	1,91	1,24	1,43	2,57	2,48
F	1,47	2,31	2,34	2,45	0,27	0,34

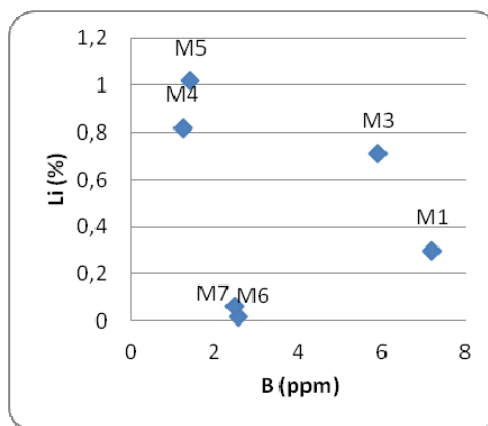


Figura 3. Relação entre os teores de B e de Li.

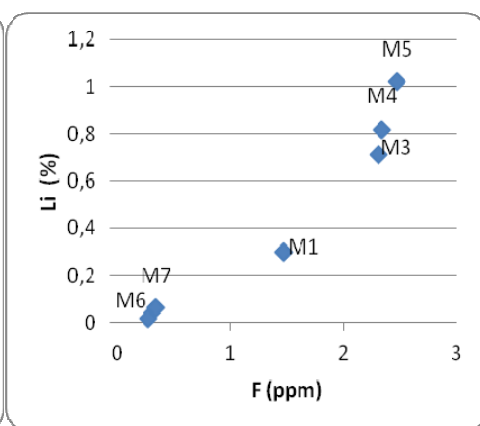


Figura 4. Relação entre os dados de F e de Li.

Os valores mais elevados de Li_2O registam-se nas micas da fácies pegmatítica enquanto o valor mais baixo ocorre na mica do greisen. O facto dos teores em F, observados nas micas do greisen, serem baixos, está de acordo com os dados de Fernandez (1991) que defende que, apesar deste elemento ter um papel relevante no processo de greisenização, este não se fixa na(s) fase(s) mineral(is) neoformada(s), concentrando-se na fase fluida hidrotermal.

Rocha total

Devido à impossibilidade de se conseguir recolher amostras sãs da rocha granítica torna-se inviável fazer-se um balanço geoquímico. A rocha sã não aflora no local em estudo nem tão pouco nas imediações do depósito. O estudo foi feito tendo apenas em vista tirar algumas ilações quanto à evolução geoquímica do processo de greisenização.

As análises químicas foram realizadas em amostras correspondentes a dois estádios de alteração distintos. Uma das amostras (A), traduz uma alteração precoce da rocha-mãe. A textura gnaissóide é ainda visível e a respectiva granularidade é fina a média. Os feldspatos apresentam efeitos de caulínização, facto que confere à rocha notável friabilidade. Uma segunda amostra foi estudada (B) que corresponde a um estádio mais evoluído da greisenização, caracterizado por granularidade média a fina. A degradação das amostras em termos texturais não permitiu a execução de lâminas delgadas para a realização do estudo petrográfico, restando, por isso, a análise química como meio de as caracterizar. Os resultados dessa análise encontram-se representados nas tabelas 3 e 4, no que diz respeito aos elementos maiores e aos elementos em traço, respectivamente.

Tabela 3. Resultados da análise química de elementos maiores (valores em %) efectuada sobre a rocha total, variando segundo o grau de alteração

Ref.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Li ₂ O	P.R.	Total
A	69,47	19,75	0,26	1,00	0,40	----	0,31	0,10	1,29	2,11	0,12	5,90	100,71
B	69,94	22,16	----	0,10	0,05	----	0,11	0,07	0,02	2,22	0,02	5,35	100,04

Tabela 4. Resultados da análise química de elementos traço (valores em ppm) correspondentes a rocha total

Ref.	Ba	Zr	Nb	Y	Th	V	Zn	Cu	Ni	Pb	Rb	Sr	Cr
A	471	141	8	39	--	22	70	11	6	69	158	70	14
B	59	39	15	108	--	5	28	18	7	31	172	--	8

Ao considerarmos as análises de elementos maiores efectuadas na rocha total, correspondentes ao estádio inicial de alteração da rocha original bem como à fácies greisenizada, verifica-se um aumento do teor de Al₂O₃, para além de uma descida acentuada de Na₂O e de Fe quando se passa de um estádio para o outro. O Mn não foi detectado em nenhuma das fácies e o Li apresenta um valor muito mais baixo na fácies greisenizada, o que vem de encontro às conclusões de diversos autores, por exemplo, Charoy (1979).

A variação do Li é idêntica na rocha total e na mica correspondente. A análise do lítio na mica do greisen tinha mostrado um valor muito baixo, enquanto o teor em Li na mica da amostra que representa o estágio mais precoce de alteração é muito superior. Segundo Charoy (1975), é essencialmente a evolução química da fase micácea a responsável pelo aumento dos teores em Li observados nas rochas ao longo dos processos de evolução granítica, podendo os dados referidos relacionarem-se com este facto.

Quanto aos elementos traço, o facto de não se possuir análise química da rocha sã limita a interpretação dos resultados. No greisen, verifica-se um aumento de Rb e de Y bem como pequenos aumentos nos teores de Nb e de Cu. Não foi possível saber se as descidas verificadas em relação aos teores dos restantes elementos traço foi contínua ou se foi precedida de uma subida inicial relativamente à rocha sã.

Evolução da greisenização

O ambiente estrutural surge como um elemento determinante quanto à expressão dos fenómenos hidrotermais e ao seu prosseguimento em grande escala, para além da história tectónica e estrutural da zona onde o depósito se localiza. As estruturas regionais resultaram de uma deformação varisca polifásica, identificando-se quatro fases de deformação (Aguado, 1992).

As primeiras três são consideradas como sendo ante-Vestefaliano Médio enquanto a última será pós-Estefaniano Inferior. A actividade hidrotermal estará relacionada com um sistema deformacional que funcionou como canal de circulação de fluidos relacionados genética e espacialmente com intrusões granitóides ou com fluidos de origem metamórfica ou crustal. Nos estádios mais tardios, as águas meteóricas terão tido um papel relevante no desenvolvimento da caulnização, assunto que se encontra fora do âmbito deste trabalho.

A greisenização evidencia-se pela associação quartzo-mica (fina e amarela esverdeada), havendo locais onde a mica é o componente principal e outros em que o greisen é mais rico em quartzo-turmalina. Este fenómeno reflecte a alteração posmagmática de uma rocha primária granitóide, pela acção de soluções enriquecidas em voláteis, associadas ao processo de arrefecimento de intrusões graníticas.

Neste fenómeno de greisenização distinguimos entre endogreisen e exogreisen. No primeiro caso, podemos considerar ter havido um estágio inicial relacionado com um ambiente fechado onde ocorreu um processo de albitização. Mas, com o tempo, o sistema abre-se com a circulação de uma

fase fluida desequilibrada em relação à paragénese existente. Na altura da deformação sin- ou pós-D2, os fluidos caracterizavam-se quimicamente por actividades elevadas de H, B, F, Cl e Li, que modificaram os minerais presentes dando origem a associações mineralógicas do tipo quartzo-mica e/ou quartzo-turmalina, que expressam um exogreisen.

A este primeiro estágio caracterizado por uma sequência de eventos relacionados com a greisenização, terá ocorrido um segundo, caracterizado pela alteração pós-greisenização que inclui a caulínização (alteração supergénica) onde se formou caulinite estruturalmente desordenada para além de haloisite.

Conclusões

A contribuição deutérica para a caulínização e formação do depósito de caulino de S. Vicente de Pereira Jusã é apoiada pelos fenómenos de greisenização, de silicificação e de turmalinização de intervenção reconhecida no local. Esta estreita relação entre fenómenos de carácter tipicamente hidrotermal e a caulínização com uma extensão importante, não é, portanto, fortuita. A alteração deutérica, pela intensa fracturação que exige e pela instabilidade dos minerais que desenvolve, constituiu o factor indispensável e promotor do desenvolvimento de caulínização supergénica que se sobrepôs posteriormente. Neste trabalho foi apenas evidenciada a greisenização através da formação da associação quartzo-moscovite. As paragénese identificadas, as análises químicas realizadas e os dados de campo mostram que se está perante um exogreisen.

Bibliografia

- Aguado V. (1992) - Geologia estructural de la Zona de cizalla Porto-Tomar en la región de Oliveira de Azeméis – Serra de Arada (Norte de Portugal) Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro.
- Barbosa B. (1988) - Origem e idade dos caulinos portugueses em granitos. Boletim da Sociedade Geológica de Portugal; 24, 101-105.
- Bobos I, Gomes C. (1998) - Greisen and post-greisen alteration in the São Vicente de Pereira kaolinite deposit, Portugal. The Canadian Mineralogist; 36, 1615-1624.
- Charoy, B. (1979) - Définition et importance des phénomènes deutériques et des fluids associés dans le granite – Conséquences métallogéniques. Sciences de la Terre, Série “Mémoires”, 37.
- Charoy, B. (1975) - Ploemeur kaolin deposit (Brittany): na example of hydrothermal alteration. Petrologie; I (4), 253-266.
- Fernandez, A. (1991) - Petrologia granítica del pluton de Caldas de reyes (Pontevedra, España) – Estructura, mineralogia, geoquímica y petrogenesis. Tesis Doctoral, Ediciós Do Castro, Série Nova Terra, nº5, Madrid.
- Pirajno F. (1992) - Hydrothermal Mineral Deposit, Springer Verlag, New York.

- Ribeiro A, Pereira E, Chaminé H, Rodrigues J. (2005) - Tectónica do megadomínio de cisalhamento entre a Zona de Ossa Morena e a Zona Centro Ibérica na região de Porto-Lousã. Livro de Actas IV Congresso Nacional de Geologia, Universidade do Porto; 4, 329-333.
- Stemprok M. (1987) - Greisenisation. A review. Geol. Rundsch; 76, 169-175.