

## TIPOLOGIA DOS MATERIAIS CERÂMICOS PETALÍTICOS PROVENIENTES DE APLITO-PEGMATITOS GRANÍTICOS DA CINTURA CENTRO-IBÉRICA

**P. Dias & C. Leal Gomes**

Centro de Investigação Geológica, Ordenamento e Valorização de Recursos – Universidade do Minho 4710-057 Braga

### RESUMO

Materiais petalíticos provenientes de aplito-pegmatitos de tipo LCT da Cintura pegmatítica Centro Ibérica foram classificados de acordo com a sua textura, composição mineralógica e comportamento fundente em processos experimentais e industriais. As tendências de fraccionamento primária e as evoluções isoquímicas ou metassomáticas a hidrotermais são responsáveis pela diversidade mineralógica das parageneses petalíticas e das correspondentes matérias-primas cerâmicas. Estas podem ser reduzidas a onze tipos principais de fácies aplito-pegmatíticas petalíticas ( $\alpha\pi$ PET), que podem ser obtidos de forma consistente e em quantidades economicamente significativas, a partir da lavra selectiva das respectivas jazidas. A maioria dos tipos  $\alpha\pi$ PET apresenta especificações adequadas para compostagens ou aplicações peculiares e a sua separação é vantajosa do ponto de vista industrial. A petalite monomineralica e a mistura aplito-pegmatítica indiferenciada são extremos de valorização materialográfica dos recursos de  $\alpha\pi$ PET.

### ABSTRACT

Petalite grade materials from LCT aplite-pegmatites of Central Iberian Pegmatite Belt, were classified according to texture, mineral composition, and melting behaviour in experimental and industrial ceramic procedures. Primary fractionation trends and isochemical or metassomatic-hydrothermal evolutions are responsible for the mineralogical diversity of petalite paragenesis and corresponding ceramic raw materials. These can be reduced to eleven consistent main types of petalitic aplite-pegmatite facies ( $\alpha\pi$ PET), which can be available in economic quantities from selective mining. The majority of these  $\alpha\pi$ PET types are suitable for specific applications and the combination of ceramic admixtures and its separation presents industrial advantages. Separation of petalite powder grade and bulk aplite-pegmatite production are the extremes of commodity value for  $\alpha\pi$ PET deposits and resources.

**Palavras chave:** petalite, aplito-pegmatito petalítico, aptência cerâmica.

Fácies com petalite de aptência cerâmica podem ser produzidas em jazigos aplito-pegmatíticos exo-graníticos instalados em terrenos metassedimentares de idade Silúrica a Devónica. Estes aplito-pegmatitos de tipo LCT, petalítico (Leal Gomes, 1994) estão relacionados com granitos de duas micas especializados em Li. As fácies aplito-pegmatíticas petalíticas ( $\alpha\pi$ PET) ocorrem por vezes em quantidades e condições naturais que justificam o seu apuramento selectivo na lavra mineira. A sua aplicação em condições específicas do processamento industrial pode apresentar vantagens económicas e tecnológicas relativamente ao uso indiferenciado da mistura aplito-pegmatítica integral. Em jazigos cerâmicos heterogéneos as unidades  $\alpha\pi$ PET estão separadas de fácies contíguas aplito-pegmatíticas ( $\alpha\pi$ ) ou pegmatíticas ( $\pi$ ) através de superfícies de contacto liquidus/liquidus, liquidus/solidus ou liquidus/solidus a baixa taxa de cristalização. Também podem estar delimitadas por superfícies de cisalhamento, painéis de nucleação acoplada por diferenciação termogravítica ou domínios cataclásticos a miloníticos, a partir dos quais as composições mineralógicas mudam drasticamente.

A grande diversidade paragenética observada em numerosos índices de prospecção e pesquisa da Cintura Pegmatítica Centro-Ibérica (CCI) impõe a necessidade de apurar uma tipologia de incidência macroscópica, que permita a individualização e manipulação dos materiais petalíticos no processo extractivo e nas compostagens posteriores. O esforço de classificação incide sobre dispositivos estruturais e paragenéticos individualizáveis e que apresentam características macroscopicamente discerníveis (macrodomínios da figura 1). Como atributo da tipologia procura-se estabelecer a relação entre a variabilidade de composição mineralógica e o comportamento fundente experimental e industrial.

### Métodos analíticos

A discriminação litológica das fácies  $\alpha\pi$ PET que possuem qualificação cerâmica teve como ponto de partida a separação de macrodomínios composicionais com homogeneidade e coerência paragenética e portanto com identidade tipomórfica. As diferentes fácies, equivalentes a produtos cerâmicos potenciais, são combinações de macrodomínios. A sua análise estrutural e paragenética efectua-se em microscopia

óptica de luz transmitida (MOLT). Por integração das composições dos macrodomínios é obtida a composição modal das fácies. Algumas amostras de domínios afaníticos ou de fácies com domínios criptocristalinos difusos, cuja discriminação mineralógica em MOLT era ineficaz, foram submetidas a difracção de Raios X sobre amostra pulverizada - em especial no caso das alterações. Também tiveram o mesmo tratamento, os separados de petalite que nas classificações de fundentes, apresentam o estatuto de “petalite grade materials” ou simplesmente petalite “powder grade”. Estes últimos materiais, com petalite predominante ou monominerálica, foram sujeitos a análise química por espectrometria de absorção atómica e submetidos a ensaio de fusibilidade com determinação das temperaturas de início e termo de fusão, e dos parâmetros, cor e % de retracção, em provete frio (após incremento térmico até 1210°C). As evidências de fusão, digestão e/ou sinterização foram despistadas em MOLT, após preparação do provete em lâmina delgada de corte transversal mediano.

### Atlas petrográfico

Na figura 1 é apresentado em atlas um esboço da tipologia de produtos petalíticos, cuja discriminação macroscópica e manipulação industrial são consistentes e reproduzíveis. Elegem-se 11 tipos representativos de fácies portadoras de petalite que correspondem a uma redução funcional do universo paragenético, capaz de sustentar a materialografia aplicada aos procedimentos extractivos e cerâmicos.

Por outro lado, esta tipologia respeita o equilíbrio de fases observado entre aluminossilicatos e fosfatos de Li e incorpora a penalização dos produtos, decorrente da deformação e metassomatismo impostos ou sobrepostos (Leal Gomes, 1994).

As fácies típicas agrupam-se em duas classes essenciais, separadas de acordo com a abundância ou relevância experimental dos produtos de evolução em subsolidus.

#### - *Fácies portadoras de petalite*

Incluem-se aqui as associações mineralógicas com predominância de petalite primária:

**$\alpha\pi$ PET “comb”** – petalite de fraccionação termogravítica com nucleação singenética de feldspato potássico sobre salbanda prévia; deformação tardi D3 Varisca produz cisalhamento dúctil a frágil que não afecta significativamente a paragénesis inicial.

**$\alpha\pi$ PET cat** – petalite cataclástica devida a cisalhamento esquerdo D3 Varisco mostra transformação isoquímica para ESP+2QZ que representa 30% da moda; a ocorrência vestigial de minerais de Sn-Ti-Nb-Ta não afecta a qualificação cerâmica do material.

**$\pi$ PETGRADE** – petalite industrial não contaminada por produtos de evolução reaccional; apresenta transformação isoquímica para ESP+2QZ em macrodomínios que atingem 35,6% da moda, mas não modificam o comportamento industrial da fase suporte.

**$\alpha\pi$ PET-MO** – petalite contaminada por moscovite em banda de nucleação acoplada afectada por compressão; evolução reaccional incipiente sujeita a deformação produz moscovite, albite e quartzo.

**$\alpha\pi$ PETG** – aplito com petalite fenocrystalina apresenta-se greisenizado em faixas de cisalhamento dúctil expressas pela presença de quartzo + zinwaldite.

#### - *Produtos de evolução da petalite*

A evolução isoquímica ou metassomática das fácies petalíticas primárias tem capacidade para diversificar os produtos cerâmicos potenciais, gerando materiais ricos em espodumena ou em filossilicatos cujos comportamentos experimentais são previsivelmente diferenciados:

**$\alpha\pi$ PET – CK+LEP** – cookeíte e lepidolite pseudomórficas após petalite; a deformação que acompanha a evolução pseudomórfica está realçada na cataclase do feldspato potássico coexistente.

**$\alpha\pi$ PET→ESP+2QZ** – petalite completamente transformada para ESP+2QZ e afectada por cisalhamento, dilatação e preenchimento zinwaldítico; corresponde à culminação evolutiva de um processo cujo início está expresso no tipo  $\alpha\pi$ PET cat.

**$\pi$ PETP** – pegmatito cookeítico pseudomórfico pós-  $\pi$ PETgrade; o controlo da alteração hidrotermal por cisalhamento tardi-D3 Varisco é manifestado nos alinhamentos cookeíticos controlados por rupturas distensivas.

**$\pi$ CEL** – células oclares com bickitaíte relíquia em pseudomorfose de filossilicatos após espodumena; está mascarada uma evolução prévia, espodumena-bickitaíte.

**ALT $\alpha\pi$ 1** – produtos de evolução  $\alpha\pi$ PET com cookeíte+esmectite relíquias.

**ALT $\alpha\pi$ 2** – produtos de evolução  $\alpha\pi$ PET para haloizite+quartzo.

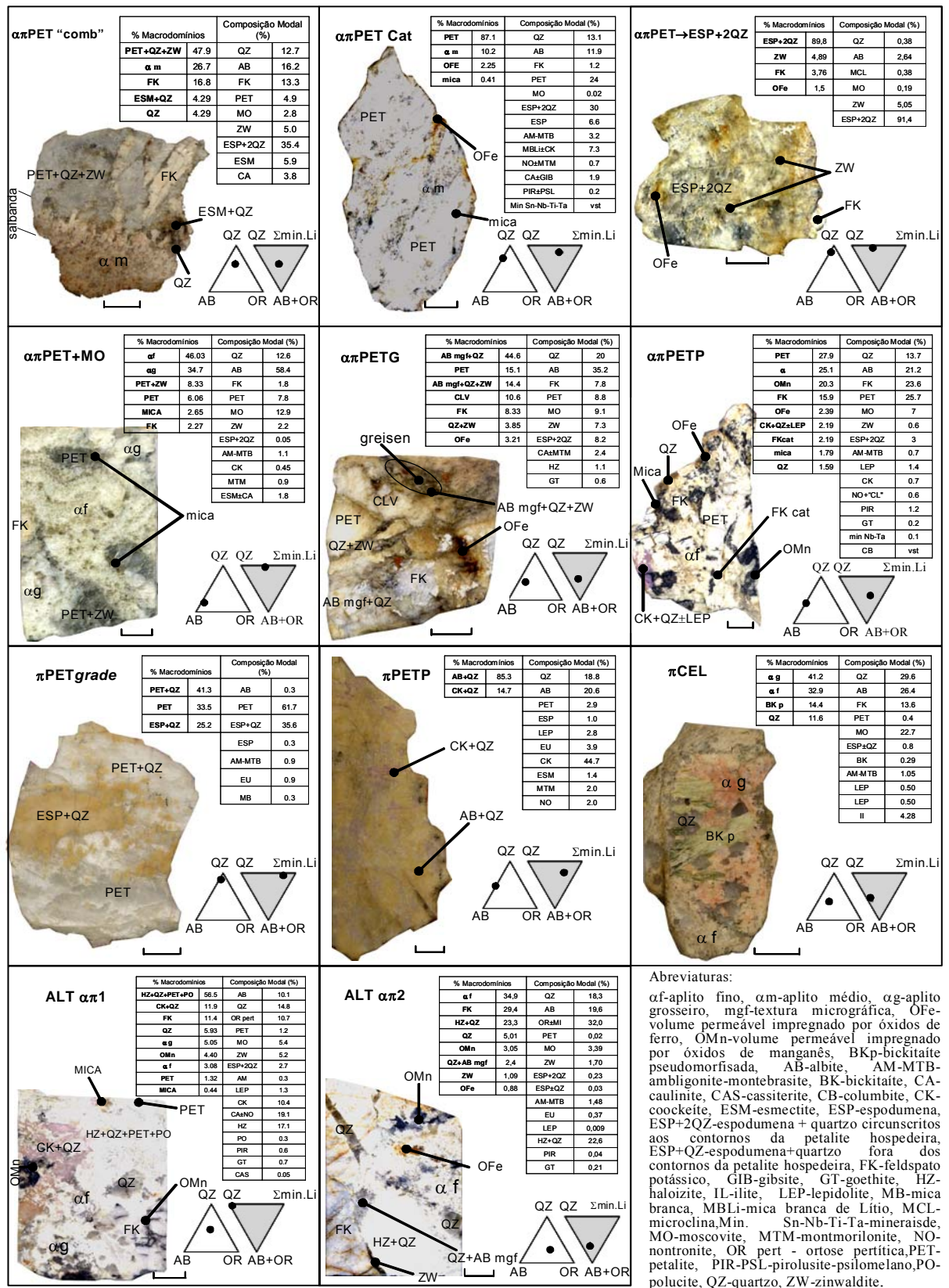


Fig. 1- Tipologia textural e composicional dos materiais  $\alpha\pi$ PET – amostras representativas de fácies portadoras de petalite e dos seus produtos de evolução – e sua projecção composicional em diagramas triangulares AB-QZ-OR e AB+OR-QZ- $\Sigma$  minerais de Li. A barra de escala mede 1 cm.

### Discriminação difractométrica de massas monominerálicas e constituintes criptocristalinos

Fracções de petalite pura à lupa ou com estatuto de “petalite grade” foram separadas e sujeitas a difracção de RX sobre pó. Apenas a petalite separada de  $\pi$ PET $grade$  se pode considerar mineralogicamente pura. Todos os restantes lotes manifestam a expressão difractométrica de produtos de evolução reaccional ou transformação em subsolidus a subsolvus.

As configurações de difractogramas obtidas a partir de domínios criptocristalinos mais vastos sugerem a existência de quatro estádios paragenéticos típicos da evolução progressiva da petalite precursora: 1-PET>QZ>ESP=AB>MO; 2-ESP=CK>QZ>>DK=OR; 3- QZ>CK>AB>OR=CLCL>MO>AM-MTB; 4-MO>>OR>AB>Calcite (símbolos na figura 1).

Estes estádios explicam-se invocando uma primeira transformação isoquímica PET→ESP+2QZ acompanhada ou seguida, em sistema aberto, de moscovitização e albitização (Leal Gomes, 1994). A alteração hidrotermal subsequente é convergente conduzindo ao aparecimento de BK, CK, DK e NO e a seguir CLCL, CA, HZ, IL, QZ (símbolos na figura 1) e calcite.

### Geoquímica e ensaios de fusão de fases minerais purificadas

Amostras de fases líticas monominerálicas cuja individualização era equacionável ao nível do processo produtivo, foram submetidas a análise química e ensaios do comportamento fundente (tabela 1). As amostras 1 a 8 representam separados de petalite. Como seria de esperar, os respectivos provetes quando submetidos a aquecimento (>1210°C) sofrem sinterização - % de retracção entre 0,7-1,8%. A fácies  $\alpha$ PET+MO muito frequente e de elevada complexidade paragenética, apresenta uma fase petalítica impura (7 na tabela 1). Persistem conteúdos contaminantes de albite que são responsáveis pela fusão (ausência de sinterização) e alto valor da % de retracção do provete. Neste caso, dado o comportamento pouco consistente da fracção petalítica (ver 6, 7 na tabela 1), não se justifica a sua separação industrial. A fácies portadora deverá ser usada como mistura integral. Algumas pseudomorfoses são constituídas por produtos de evolução paragenética cujo comportamento em ensaio de fusibilidade é idêntico ao da fase petalítica primária – observa-se sinterização do provete e alto grau de brancura (amostras 9 e 10 correspondentes a  $\pi$ CEL e  $\alpha$ PET→ESP+2QZ).

**Tabela 1-** Composição química e indicadores de comportamento industrial para fracções purificadas de silicatos de lítio separados de  $\alpha$ PET. 1, 2, 3, 4- petalite pura em  $\pi$ PET $grade$ ; 5- petalite separada de  $\alpha$ PET cat; 6, 7- petalite separada de  $\alpha$ PET+MO; 8- petalite separada de  $\alpha$ PET “comb”; 9-bickitaite separada de  $\pi$ CEL; 10-espodumena separada de  $\alpha$ PET→ESP+2QZ. Há percentagens significativas de perda ao rubro e de H<sub>2</sub>O não referidas. %R – percentagem de retracção, cor – grau de brancura.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	F	Li <sub>2</sub> O	%R	cor
<b>1</b>	82.00	12.06	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	4.18	0.9	92.5
<b>2</b>	78.20	16.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.62	0.8	90.12
<b>3</b>	82.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	1.0	91.11
<b>4</b>	77.35	16.27	0.02	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	—	—	—
<b>5</b>	73.76	17.43	0.08	0.02	0.03	0.35	0.26	0.01	0.01	0.24	0.06	4.00	0.7	93.5
<b>6</b>	77.01	16.70	0.01	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.06	—	1.8	92.3
<b>7</b>	74.41	15.82	0.12	0.16	0.05	2.98	0.01	0.01	0.01	0.14	0.06	3.39	8.5	80.0
<b>8</b>	75.67	15.29	1.30	0.00	0.77	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61	1.1	87.76
<b>9</b>	75.88	17.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.62	0.9	89.61
<b>10</b>	58.63	25.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.71	2.1	80.07

### Conclusões

Combinando os resultados da aproximação petrográfica (Fig. 1) com as composições químicas, comportamento fundente (tabela 1) e padrões de difracção de RX de fracções petalíticas e fácies  $\alpha$ PET portadoras é possível deduzir intervalos de qualificação cerâmica para estes materiais. Nos casos de  $\pi$ CEL,  $\pi$ PETP,  $\alpha$ PET+MO e ALT $\alpha$ P não se justifica a produção separada de petalite relativamente ao aplito-pegmatito portador. Nos restantes casos – tipos  $\alpha$ PET da figura 1 - a obtenção de lotes

petalíticos “powder grade” e a separação das fácies  $\alpha$ PET, relativamente ao restante material cerâmico sódico-potássico, pode ter vantagens económicas e tecnológicas.

**Bibliografia**

LEAL GOMES, C. (1994) – Estudo Estrutural e Paragenético de um sistema pegmatóide granítico. O campo aplito-pegmatítico de Arga-Minho (Portugal). *Tese de Doutoramento; Universidade do Minho, 695p.*