

## ASPECTOS GEOQUÍMICOS DA PROVÍNCIA ALCALINA ALTO PARAGUAI (MATO GROSSO DO SUL, BRASIL)

Gomes, C.B.<sup>1</sup>, Velázquez, V.F.<sup>2</sup>, Comin-Chiaramonti, P.<sup>3</sup>

1. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil
2. Curso de Pós-Graduação, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil
3. Dipartimento di Ingegneria Chimica, dell' Ambiente e delle Materie Prime, Università di Trieste, Trieste, Itália

A Província Permo-Triássica Alto Paraguai, na divisa do Estado do Mato Grosso do Sul com o Paraguai, inclui diversas ocorrências alcalinas presentes na forma de *stocks*, *plugs*, lavas, diques e complexos anelares, e distribuídas principalmente ao longo do rio Paraguai. Litologicamente, ela é constituída por “rochas sieníticas” (e equivalentes vulcânicos) apresentando grande variação composicional e agrupadas em três séries distintas: fortemente insaturada, moderadamente insaturada e saturada a supersaturada. Em ordem de abundância, as variedades insaturadas (nefelina sienitos e nefelina-sodalita sienitos) são as mais representativas, seguindo-se as saturadas (sienitos alcalinos) e, por último, as supersaturadas (quartzo sienitos e granitos alcalinos).

O caráter alcalino dessas associações é confirmado pela paragênese mineral, reunindo principalmente feldspatóides (nefelina, sodalita) e máficos sódicos (anfíbólios, piroxênios). Por outro lado, a grande abundância em fases félsicas parece refletir o seu substancial empobrecimento em MgO, para um acentuado enriquecimento em Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Idades radiométricas (K/Ar, Rb/Sr e <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar) são consistentes e definem para as “rochas sieníticas” um intervalo de formação em torno de 250-240 Ma, que permite caracterizá-las como sendo a manifestação alcalina mais antiga na borda NW da Bacia do Paraná.

O comportamento normalizado dos elementos hidromagmátófilos junto às três séries acima tem como principais feições a pronunciada anomalia negativa em Ba, Sr e Ti, em adição à positiva em U, Ta-Nb e Hf-Zr. Por sua vez, o padrão das Terras Raras evidencia a alta concentração em ETRP, o forte fracionamento destas em relação aos ETRL, além do pequeno empobrecimento em Eu.

Dados isotópicos apresentam grande variação, com os valores da razão inicial <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr cobrindo o intervalo 0,703-0,707. Em termos gerais, as associações sieníticas mais fortemente insaturadas tendem a exibir valores mais baixos e menor dispersão (p.e. Ilha Fecho dos Morros e Cerrito, respectivamente, 0,70336-0,70392 e 0,70352-0,70371). Por outro lado, as rochas saturadas a supersaturadas mostram razões mais elevadas e maior dispersão (p.e. Satélites I e II do Cerro Siete Cabezas, 0,70457-0,70708).

As características geoquímicas das “rochas sieníticas” da Província Alto Paraguai demonstram o seu alto grau de evolução (valores de mg\* comumente inferiores 0,50; concentração baixas em Cr e Ni) e são indicativas de que elas se formaram muito provavelmente por cristalização fracionada a partir de magma máfico alcalino (basanítico?). O comportamento dos elementos Sr e Ba é sugestivo da participação significativa de feldspato potássico no processo de fracionamento, em especial junto às séries moderadamente insaturada e saturada. Na fase inicial de cristalização, teve lugar a remoção de associação reunindo feldspato potássico + anfibólio + óxidos de Fe e Ti, enquanto numa etapa subsequente feldspato potássico + clinopiroxênio + nefelina + acessórios (apatita, titanita, zircão) foram as fases envolvidas. Para as rochas saturadas a supersaturadas é, adicionalmente, advogada uma linha evolutiva associada a processos de contaminação.

## ASPECTOS QUÍMICOS E ESTRATIGRAFIA DA SEQUÊNCIA VULCÂNICA DA BACIA DO PARANÁ NA REGIÃO NORTE DO RIO GRANDE DO SUL - BRASIL

Gomes, M.E.B.<sup>1</sup>, Mexias, A.S.<sup>2</sup>, Neumann, M.H.<sup>3</sup>, Formoso, M.L.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Curso de Pós-graduação em Geociências - UFRGS, BR.

<sup>2</sup> Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica (CPGq)-Instituto de Geociências UFRGS, BR.

<sup>3</sup> Bolsista de Iniciação Científica - Instituto de Geociências - UFRGS, BR.

### ABSTRACT

The tholeiitic flood volcanism of Cretaceous Paraná Basin make up a 20.000km<sup>3</sup> rock pile in the north part of Rio Grande do Sul - Brazil. Twelve flow units compose the sequence. Based on the chemical characteristics, all the flows can be classified according to the proposition of Peate (1989). Pitanga magmatic type occurs in the base of the pile and this type intercalates with Paranapanema type upwards. Different structural types cannot be distinguished by chemical aspects. The amethyst mineralization occurs in both magmatic types.

### INTRODUÇÃO

As correlações entre unidades estratigráficas das rochas vulcânicas da Bacia do Paraná têm sido, até o presente, de caráter regional e baseiam-se, principalmente, nas características químicas destas rochas. Em uma área piloto de ocorrência de rochas basálticas no norte do estado do Rio Grande do Sul, foi estudada uma seqüência de derrames com o objetivo de individualizá-los, determinando suas características físicas e químicas e de estabelecer critérios para a estratigrafia nesta região.

### O VULCANISMO DA BACIA DO PARANÁ

O intenso vulcanismo de caráter fissural que originou os extensos derrames da Bacia do Paraná (Brasil) e, em menores proporções, de Etendeka (Namíbia), constitui uma das mais expressivas manifestações vulcânicas continentais e mostra estreita relação com os eventos que propiciaram a abertura do Atlântico Sul, durante o Cretáceo Inferior e culminaram com a separação dos continentes.

Os produtos deste evento magmático são predominantemente basaltos toleíticos e rochas ácidas (riolitos e riodacitos).

Todas as propostas de classificação e estratigrafia existentes para estas rochas baseiam-se em critérios químicos. Na década de 80, foi produzido elevado número de dados químicos, especialmente por Bellieni et al (1983, 1984a), Marques (1983), Mantovani et al (1985a,b). Foram, então, definidas duas províncias basálticas distintas pelo teor de TiO<sub>2</sub> e elementos incompatíveis. Na parte sul da Bacia, especialmente no Rio Grande do Sul, predominam os basaltos baixo - Ti, enquanto que ao norte ocorrem basaltos enriquecidos neste elemento, bem como em elementos incompatíveis.

Recentemente, Peate (1989) e Peate et al (1990) propuseram um novo esquema de classificação baseado em mais de 2000 análises de elementos maiores e traços disponíveis, resultando na separação de seis tipos de magmas basálticos: Ubirici e Pitanga (que correspondem ao tipo alto-Ti), Paranapanema e Ribeira (com valores intermediários de Ti) e Gramado e Esmeralda (que correspondem ao tipo baixo-Ti).

## A ÁREA ESTUDADA

A área estudada localiza-se no norte do estado do Rio Grande do Sul, nas proximidades das cidades de Frederico Westphalen, Iraí, São Gabriel do Planalto e Ametista do Sul, constituindo uma área mapeada de aproximadamente 500Km<sup>2</sup>. Esta região caracteriza-se pela ocorrência de extensa mineralização, especialmente de ametista.

Nesta área, a partir de 7 perfis geológicos, foram individualizados 12 derrames basálticos que constituem um pacote de aproximadamente 20.000Km<sup>3</sup> de rocha (Gomes, 1996). As espessuras dos derrames individuais variam de 15 a 50m e, de modo geral, se mantêm aproximadamente constantes nos diferentes locais estudados, o que definiu uma geometria tabular para estes corpos, que devem ter se colocados sobre uma superfície bastante horizontalizada.

Na sequência, intercalam-se derrames com espessuras entre 15 e 35m, denominados de derrames **tipo I**, e que se caracterizam pela presença de um nível macro-vesicular interno com mineralização de ametista, e derrames com espessuras entre 30 e 50m, denominados de derrames **tipo II**, caracterizados pelo intenso fraturamento vertical e não mineralizados. Os derrames tipo I são constituídos por plagioclásio, augita, Ti-magnetita e olivina e diferem dos derrames tipo II que caracterizam-se pela presença de dois piroxênios (augita e pigeonita) e pela ausência de olivina.

## CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Para a identificação química de cada derrame da sequência foram utilizados os critérios da estratigrafia química existentes para as rochas vulcânicas da Bacia do Paraná. Os principais parâmetros químicos são apresentados na tabela 1, bem como os valores correspondentes aos tipos Urubici, Pitanga e Paranapanema definidos por Peate (1989) e aplicados no diagrama da figuras 1.

Tabela 1 - Parâmetros químicos e tipos magmáticos, definidos por Peate (1989), para as rochas vulcânicas básicas com teores intermediários e altos de TiO<sub>2</sub> e tipo estrutural de cada unidade de lava.

	est.	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sr	Ba
Urubici		3,3	0,45	50	14,2	600	450
Pitanga		2,9	0,35	47-52	14	400-600	340-700
Paranap		1,8-3,2	0,2-0,7	49-51,5	13,5	430	410
derrame 1	II	3,6-3,99	0,52	51,29-51,88	13,84-14,03	490-495	490-612
derrame 2	I	3,49-3,81	0,43-0,57	49,21-49,87	14,74-15,98	406-464	400-647
derrame 3	I	3,6-3,63	0,58-0,6	46,57-48,69	15,06-15,55	416-429	466-528
derrame 4	II	2,16-2,65	0,31-0,34	49,21-48,94	14,27-15,94	310-342	347-562
derrame 5	II	3,94	0,43	50,47	13,96	474	454
derrame 6	I	3,30-3,73	0,49-0,56	47,56-50,95	14,12-15,74	409-482	378-582
derrame 7	I	2,13-2,22	0,25	49,31-49,82	13,68-13,82	365-383	333-339
derrame 8	I	3,52-3,75	0,56-0,57	47,19-50,31	14,38-15,18	406-431	498-569
derrame 9	I	1,87-2,28	0,22-0,3	48,23-50,54	12,96-14,68	329-437	305-367
derrame 10	I	3,28	0,41	49	15,66	434	412
derrame 11	II	2,21-2,26	0,27-0,28	49,56-51,52	14,68-15,34	250-349	318-373

	est.	Zr	Sr/Y	Ba/Y	Zr/Y	Ti/Y	Ti/Zr
Urubici		270	10,5	11,5	7	500	60
Pitanga		200-440	10	9-14,5	5,5-8	350-700	50
Paranap		250	10,5	4,5-13	4,5-6	300-500	65
derrame 1	II	278	12,69-12,89	12,89-15,69	7,13-7,32	554-629	78-86
derrame 2	I	220-232	9,44-12,89	11,76-15,04	5,32-6,47	487-672	91-104
derrame 3	I	240-242	10,21-10,40	11,09-13,20	5,71-6,05	514-544	90
derrame 4	II	149-172	9,77-10	9,91-18,13	4,91-4,81	418-454	87-92
derrame 5	II	227	13,17	12,61	6,3	656	104
derrame 6	I	231-276	10,22-12,70	10,21-13,47	6,24-7,08	495-573	78-91
derrame 7	I	147	13,03-13,68	11,89-12,11	5,25	456-475	87-91
derrame 8	I	227-238	11,00-12,00	13-15	6	558-608	92-96
derrame 9	I	130-152	10,00-17,00	10,00-14,00	5	427-467	86-96
derrame 10	I	199	14	13,29	6,42	634	99
derrame 11	II	148-172	6,75-10,91	8,59-11,65	4,56-4,64	358-423	79-92

Os resultados permitem fazer as seguintes considerações:

- todos os derrames (com exceção do derrame 4) apresentam características químicas que os classificam inequivocamente em um dos tipos magmáticos definidos por Peate (1989);
- os valores apresentados pelo derrame 4 mostram a influência de processos tardios modificando a química da rocha e, portanto, a sua classificação;
- a sequência de derrames da região de Frederico Westphalen é constituída por rochas pertencentes ao tipo magmático Pitanga na base (derrames 1,2 e 3). O derrame 4 marca o início da ocorrência de magmas do tipo Paranapanema, que passam a se intercalar com as rochas do tipo Pitanga, até o topo;
- os derrames portadores de mineralização apresentam características químicas correspondentes aos tipos magmáticos Pitanga (derrames 2,6 e 8) e Paranapanema (derrame 9);
- os tipos estruturais I e II não são distinguidos pela composição química, ocorrendo indistintamente entre os tipos Pitanga e Paranapanema.

## A ESTRATIGRAFIA DE REGIÃO DE FREDERICO WESTPHALEN

Os vários parâmetros químicos definidos por Peate (1989) para a classificação dos tipos magmáticos mostraram-se consistentes dentro de cada derrame.

Os dados da literatura referentes à estratigrafia química das rochas vulcânicas básicas no Rio Grande do Sul apontam a predominância de rochas pertencentes aos tipos magmáticos com baixo Ti, correspondentes aos tipos Gramado e Esmeralda, e a ocorrência restrita de tipos com alto Ti na região norte-noroeste do estado, que são classificados como tipo Urubici, considerado o tipo alto-Ti característico da parte sul da Bacia do Paraná. Os resultados obtidos neste estudo mostram que na região de Frederico Westphalen não são encontrados derrames pertencentes aos tipos baixo-Ti e que as rochas desta sequência são classificadas como tipo Pitanga e tipo Paranapanema, que são considerados como magmas característicos do norte da Bacia do Paraná.

A intercalação destes dois tipos magmáticos na parte superior da sequência é um elemento a ser considerado no questionamento sobre a origem destes tipos magmáticos: - serão os tipos Pitanga e Paranapanema magmas de fontes distintas? - ou representam a evolução de uma fonte única e, nesse caso, indicam proveniência de locais em estágios diferentes de evolução?

A distinção dos derrames, na região estudada, feita através dos atributos estruturais, de posicionamento e espessuras, foi, de modo geral, confirmada pelas características químicas. A influência de fenômenos tardios, gerando modificações químicas importantes e que afetam a

classificação das rochas, deve ser considerada. Desta forma, a estratigrafia química somente deve ser utilizada quando as amostras analisadas têm significado estrutural e petrográfico conhecido.

A distribuição espacial dos diferentes tipos magmáticos, conhecida até o presente, é ainda de caráter regional e estudos de detalhe podem ser valiosas contribuições à compreensão da evolução geral deste magmatismo no tempo e no espaço.

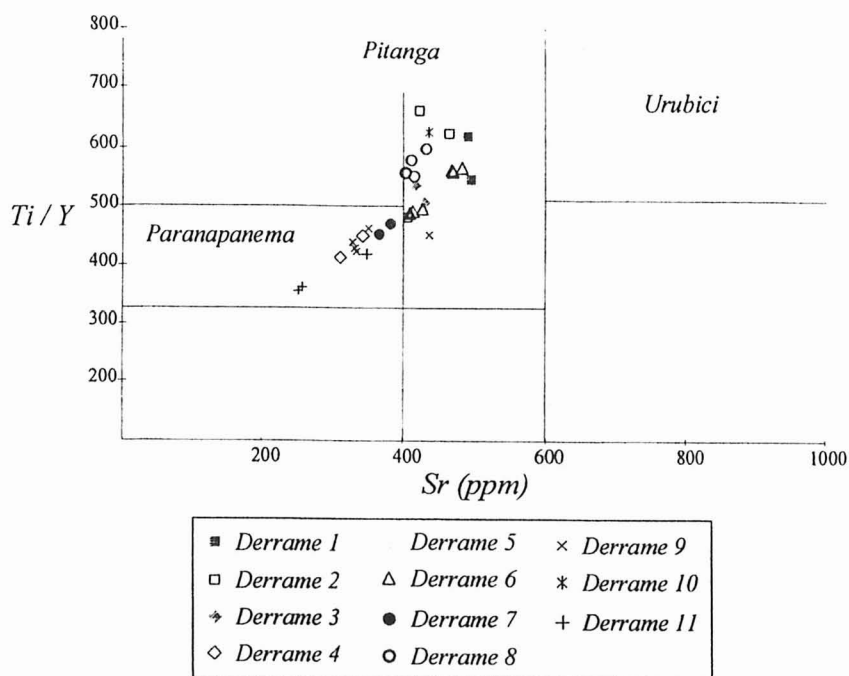


Figura 1 - Valores de Ti/Y x Sr, com a separação dos campos Pitanga e Paranapanema, para a seqüência de derrames estudados.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo programa CAPES-COFECUB (Projeto 108/90).

## REFERÊNCIAS

- Bellieni, G., Brotzu, P., Comin-Chiaramonti, P., Ernesto, M., Melfi, A.J., Pacca, I.G., Piccirillo, E.M. and Stolfa, D., (1983). Petrological and paleomagnetic data on the plateau basalt to rhyolite sequences of the southern Paraná basin (Brazil). *An. Acad. brasil. Ciênc.* **55** (4).
- Bellieni, G., Brotzu, P., Comin-Chiaramonti, P., Ernesto, M., Melfi, A.J., Pacca, I.G. and Piccirillo, E.M. (1984a). Flood basalt to rhyolite suites in the southern Paraná plateau (Brazil): paleomagnetism, petrogenesis and geodynamic implications. *J. Petrology*, **25**:579-618.
- Gomes, M.E.B., 1996. Mecanismos de resfriamento, estruturação e processos pós-magmáticos em basaltos da Bacia do Paraná - Região de Frederico Westphalen (RS-Brasil). Tese de Doutorado CPGEO - UFRGS. 219p.
- Mantovani, M.S., Cordani, U.G., Roisemberg, A. (1985b). Geoquímica isotópica em vulcânicas ácidas da Bacia do Paraná e implicações genéticas associadas. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, **15**:61-65.
- Mantovani, M.S., Marques, L.S., Souza, M.A.de, Atalla, L.T., Civetta, L., Innocenti, F. (1985a). Trace element and strontium isotop constraints on the origin and evolution of the Parana continental flood basalts of Santa Catarina State (Southern Brazil). *Journal of Petrology*, **26**:187-209.
- Marques, L.S. (1983). Estudo do comportamento Geoquímico de alguns elementos traços em rochas vulcânicas da Bacia do Paraná. IAG-USP, Tese de Doutorado. São Paulo, 172 p.
- Peate, D.W. (1989). Stratigraphy and petrogenesis of the Parana continental flood basalts, southern Brazil. PhD thesis., Peate, D.W., Hawkesworth, C.J., Mantovani, M.S., Shukowsky, W., (1990). Mantle plumes and flood basalt stratigraphy in the Paraná, South America. *Geology*, **18**:1223-1226.

## GRANITÓIDES BIOTÍTICOS DE REBORDELO-AGROCHÃO, NORTE DE PORTUGAL: CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA E PETROGENÉTICA

Gomes, M. E. P.

Secção de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Ap. 202, 5001 Vila Real Codex

### ABSTRACT

Peraluminous biotite-hornblende tonalite, biotite granodiorite and biotite-muscovite granite crop out in the Rebordelo-Agrochão area. They define a Rb-Sr whole-rock isochron of  $386 \pm 9$  Ma and the granite is  $357 \pm 9$  Ma old. This granite contains tonalitic and granodioritic enclaves. Variation diagrams of major and trace elements of the rocks, micas and sphene show fractionation trends. The modelling for major and trace elements show that the granodiorite, enclaves and granite resulted from the tonalite magma by fractional crystallization of amphibole, plagioclase, biotite, ilmenite and quartz. There was also simultaneous assimilation of country rock as shown by initial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  and  $\epsilon_{\text{Nd}}$  values.

### RESUMO

Na região de Rebordelo-Agrochão ocorrem diversos tipos de granitóides biotíticos: tonalito biotítico-horneblêndico - B1, granodiorito biotítico - B2 e granito biotítico-moscovítico - B3, que contém encraves microgranulares tonalíticos E1 e granodioríticos E2. A actividade magmática que originou os granitóides biotíticos teve início na 1ª fase de deformação hercínica e é marcada pela idade da isócrona comum Rb-Sr ( $386 \pm 9$  Ma) de B1, B2 e B3. A origem destes granitóides relaciona-se com subducção, sendo de tipo misto (crusta+manto) e a ascensão foi controlada pela existência de um acidente tectónico profundo (Laza-Rebordelo). A génese e instalação dos granitóides biotíticos relaciona-se com as fases de deformação precoces da orogenia hercínica e culminou com a instalação do granito biotítico-moscovítico B3, com idade de  $357 \pm 9$  Ma. Todos os granitóides foram deformados pela 3ª fase de deformação hercínica.

Estes granitóides são peraluminosos e a grande maioria define uma tendência alumino-cafémica, do tipo calco-alcalino. Os diagramas de variação da maioria dos elementos maiores e menores das rochas, biotite, moscovite e esfena mostram fraccionação de B1 a B3 e também das amostras mais deformadas para as menos deformadas de B3. Existe decréscimo significativo em Ba no feldspato-K e em anortite na plagioclase desde o tonalito B1 para o granito B3, que pode ser explicado por um processo de cristalização fraccionada. Este granito biotítico-moscovítico B3 possui encraves tonalítico-biotíticos E1 e granodiorítico-biotíticos E2, cogenéticos, o que é confirmado pelos diagramas de variação das rochas, micas, esfena e valores de  $\epsilon_{\text{Sr}}(t)$  e  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ . A modelização dos elementos maiores e menores indica que os granitóides E2, B2 e B3 mais e menos deformados, derivaram do magma tonalítico biotítico-horneblêndico B1 por cristalização fraccionada de anfíbola, plagioclase, biotite, ilmenite e quartzo. Esta cristalização ocorreu em sistema aberto, havendo simultaneamente assimilação de rochas metassedimentares encaixantes, pois a isócrona Rb-Sr para a sequência B1, B2 e B3 dá  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0,7063 \pm 0,0005$ , enquanto a isócrona Rb-Sr para o granito biotítico-moscovítico B3 apresenta  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i = 0,7087 \pm 0,0007$ . Além disso, o tonalito B1 tem  $\epsilon_{\text{Nd}}(386) = -3,9$  e  $T_{\text{DM}} = 1,2$  Ga, enquanto para o granito B3 tem  $\epsilon_{\text{Nd}}(357) = -5,6$  e  $T_{\text{DM}} = 1,3$  Ga.

A cristalização terá ocorrido a pressão inferior 4 kb. A temperatura terá decrescido de  $730^\circ\text{C}$  para  $700^\circ\text{C}$ .  $\log(f\text{H}_2\text{O}/f\text{HCl})$  aumentou e  $\log f\text{O}_2$ ,  $\log(f\text{H}_2\text{O}/f\text{HF})$  e  $\log(f\text{HCl}/f\text{HF})$  terão decrescido do magma tonalítico B1 para o magma granítico B3. Terá havido reequilíbrios na anfíbola ( $666-420^\circ\text{C}$ ), na biotite e nos feldspatos ( $422-263^\circ\text{C}$ ).

O tonalito B1, os encraves microgranulares e o granodiorito B2 serão do tipo  $\text{H}_{\text{CA}}$  e o granito B3 será de tipo  $\text{C}_{\text{CI}}$  (Barbarin, 1990).

### REFERÊNCIAS

Barbarin, B. (1990). Granitoids: main petrogenetic classifications in relation to origin and tectonic setting. *Geol. J.*, 25, 227-238.

## CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE FLUIDOS ASSOCIADOS AO METAMORFISMO DE ROCHAS CARBONOSAS

Guedes A.<sup>1</sup>, Dória A.<sup>1</sup>, Noronha. F<sup>1</sup> & Boiron. M.C<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Geologia da Universidade do Porto, Praça Gomes Teixeira, 4050 Porto. Portugal

<sup>2</sup>CREGU e GS CNRS-CREGU, BP 23, 54501 Vandoeuvre les Nancy, Cedex, França.

### ABSTRACT

We have studied several areas in North Portugal, where Paleozoic carbonaceous rocks, of the same age but of different metamorphic grade, are present. In each area we have defined the P-T-X (pressure, thermal gradient and chemistry) conditions of the fluids and assessed their interaction with the wall rocks.

### INTRODUÇÃO

O ciclo dos fluidos na crosta é hoje de primordial importância para a compreensão das transferências de massa durante a evolução crustal. Só a partir da caracterização dos fluidos em diferentes situações de evolução crustal, se pode ter uma ideia acerca da multiplicidade de processos que podem estar na origem da migração de fluidos, nomeadamente os associados aos processos de metamorfismo. Com este trabalho pretende-se contribuir em particular para o estudo dos fluidos metamórficos em equilíbrio com rochas ricas em matéria orgânica, em áreas que à partida se sabia possuírem diferentes graus de metamorfismo.

Foram estudadas duas regiões do Norte de Portugal: a região de Chaves, que compreende a área este de Vila Pouca de Aguiar (Unidade de Três Minas -VPA/TM), a área oeste de Vila Pouca de Aguiar (VPA/W), a área de Chaves e a região de Valongo. Estas regiões possuem sequências litológicas idênticas, caracterizadas pela presença de unidades ricas em matéria orgânica, da mesma idade (Ordovícico Superior a Silúrico Inferior) (Medeiros et al. 1980, M. A. Ribeiro et al. 1996, M. A. Ribeiro et al. (neste volume) e M. L. Ribeiro 1992).

Na região de Chaves a existência da falha Régua-Verin condiciona que idênticas formações apresentem diferentes graus de metamorfismo: na parte oeste da falha as condições metamórficas são de temperatura alta e pressão média - isógrada da andaluzite (Noronha 1983 e M. A. Ribeiro et al. 1996), enquanto que na Unidade de Três Minas são de temperatura baixa e pressão baixa - isógrada da clorite (M. A. Ribeiro et al. 1996). Na região de Valongo as características do metamorfismo são idênticas às da área de Três-Minas (M. L. Ribeiro 1992).

### ESTUDO DE INCLUSÕES FLUIDAS

Foram estudadas inclusões fluidas em quartzos, concordantes com a foliação metamórfica, que ocorrem em léditos e xistos negros. Foram reconhecidos três tipos principais de quartzos:

- i) quartzo leitoso com forte extinção ondulante;
- ii) quartzo recristalizado (resultante da recristalização do quartzo leitoso);
- iii) quartzo hialino com uma ligeira extinção ondulante.

### DADOS DE INCLUSÕES FLUIDAS

A nomenclatura adoptada foi baseada no tipo de homogeneização global (TH), em vapor (V), ou em líquido (L), e na presença das espécies CHONS detectadas pela espectroscopia Raman. As letras c ou m indicam que respectivamente o CO<sub>2</sub> e o CH<sub>4</sub> são as espécies dominantes e a água está ausente ou é apenas detectada pela espectroscopia Raman (ex<sup>o</sup> Lc (m) ou Vc (m)); c (ou m)-w, quando tanto a água como as espécies CHONS estão presentes (ex<sup>o</sup> Vc(m)-w); w-c(m) quando a

água é o principal constituinte e o composto de C apresenta baixa densidade ou é apenas detectado pela presença de clatratos (ex<sup>o</sup> Lw-c (m) ou Lw)).

Os quartzos anteriormente descritos apresentam associações específicas de inclusões fluidas. De acordo com os resultados microtermométricos e de espectroscopia Raman, foram reconhecidos dois tipos principais de fluidos:

Fluidos aquo-carbónicos ( $H_2O-CO_2-CH_4$ ), enriquecidos em  $CO_2$  e em  $CH_4$  na fase volátil, com conteúdos variáveis em água (Vm-w, Lc e Lm-w).

Fluidos aquosos ( $H_2O-(CO_2-CH_4)$ ) que apresentam pequenas quantidades de  $CO_2$  e de  $CH_4$  na fase volátil, apenas detectadas pela presença de clatratos (Lw-c e Lw-m).

Uma síntese dos resultados dos estudos de microtermometria e de espectroscopia Raman são apresentados no Quadro I.

O cálculo das composições globais (Quadro II) foi efectuado utilizando o programa ICE (versão 10/9/95 de R.J. Baker). Para o cálculo das isócoras foram utilizadas as equações de estado de Jacobs e Kerrick e de Bowers e Helgeson.

Para o constrangimento dos domínios P-T obtidos através do estudo de inclusões fluidas foram utilizados outros geotermómetros nomeadamente:

- as paragénese mineral metamórficas;
- a temperatura de formação das clorites com base no seu conteúdo em  $Al_{IV}$  (Cathelineau et al. 1985 e Cathelineau 1988).

As isócoras representativas dos diferentes fluidos das diferentes áreas, encontram-se no diagrama P-T da figura 1.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo integrado das inclusões fluidas com o estudo dos geotermómetros descritos anteriormente permitiu-nos estimar para além da composição, a temperatura e pressão dos paleofluidos contemporâneos dos processos metamórficos nas diferentes áreas. Enquanto que na região de Valongo os resultados apontam para condições máximas de 360 °C e 1,7 kb, na região de Chaves essas condições variam. Assim, no que respeita à área Este da falha Régua-Verin, confirmam-se mais baixas condições de T e P (370 °C e 1,5 kb para VPA/TM) que a Oeste da mesma falha (600 °C e 4 kb - VPA/W). A área de Chaves com 430 °C e 2,7 kb revela condições intermédias de T e P.

Pela análise da composição global (Quadro II) dos diferentes fluidos das diferentes áreas, podemos observar que os fluidos mais aquosos são os da região de Valongo, o que parece evidenciar que não existiram condições P-T para que estes fluidos se equilibrassem com as rochas encaixantes. Pelo contrário a presença de fluidos Vm-w nas áreas de Chaves e VPA/W sugerem uma interacção destes fluidos com as rochas encaixantes.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi efectuado no âmbito do projecto Joule N<sup>o</sup> JOU-CT93-0318 (CEE-DGXII G) "Fluid behaviour in the upper crystalline crust: a multidisciplinary approach".

## REFERÊNCIAS

- Cathelineau, M. & Nieva, D., 1985. A chlorite solid solution geothermometer. The Los Azufres (Mexico) geothermal system. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 91: 235-244.
- Cathelineau, M., 1988. Cation site occupancy in chlorites and illites as a function of temperature. *Clay Minerals*, 23: 471-485.
- Medeiros, A., Pereira, E. & Moreira, A., 1980. Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50000. Notícia explicativa da folha 9-D-Penafiel e Aditamento relativo ao Carbonífero por M. J. Lemos de Sousa. 46 pp. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- Noronha, F., 1983. Estudo Metalogénico da área tungstífera da Borralha. 413pp. Universidade do Porto. Porto. (Tese de doutoramento).
- Ribeiro, M.A., Guedes, A. & Noronha, F., 1996. Relações deformação - metamorfismo em diferentes unidades estruturais da região de Vila Pouca de Aguiar. In: Resumos. 2ª Conferência Anual do Grupo de Geologia Estrutural e Tectónica da Faculdade de Ciências de Lisboa. p. 50-53.
- Ribeiro, M.L. 1992. Metamorfismo. In: E. Pereira, Coord., Carta Geológica de Portugal. Escala 1/200000. Notícia Explicativa da Folha 1. p. 22-27. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.

Quadro I - Dados microtermométricos.

	Tipo de quartzo	Tipo de fluido	Th(V)	TmCO <sub>2</sub>	TmI	TmCl	ThCO <sub>2</sub>	TH
VPA/E	Quartzo hialino com extinção ondulante	Lw-m			-2/-1,8	12,5/15		290/360
VPA/W	Quartzo hialino com extinção ondulante	Vm-w Lc Lw-c	-104/-79,7	-75 -67,8/-62,3	-5,9/-5,5	10,5/15 -7,8/-6 1,5/4	-37,7/1,5	320/330
Valongo	Quartzo leitoso com extinção ondulante	Lw-c			-11/-2	4/7		250/330
Chaves	Quartzo hialino com E.O Recristalizado	Vm-w Lw-m		-86,5/-64		14/16,5 -3,6/-3 11/13,5		315/375

Th (v): temperatura de homogeneização do CH<sub>4</sub>; TmCO<sub>2</sub>: temperatura de fusão do CO<sub>2</sub>; TmI: temperatura de fusão do gelo; TmCl: temperatura de fusão dos clatratos e TH: temperatura de homogeneização global.

Quadro II: Composição global dos fluidos (mole %) das diferentes áreas.

	Tipo de fluido	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S
VPA/E	Lw-m	91/93	0	5/9	0/1	0
VPA/W	Lc Vm-w	0/14 74/88	25/59 1/2	29/64 5/21	5/11 2/3	0/3 0
Valongo	Lw-c	92/95	4/8	0	0	0
Chaves	Vm-w Lw-m	48/63 86/94	0/16 2/6	26/50 2/8	0/3 0	0 0

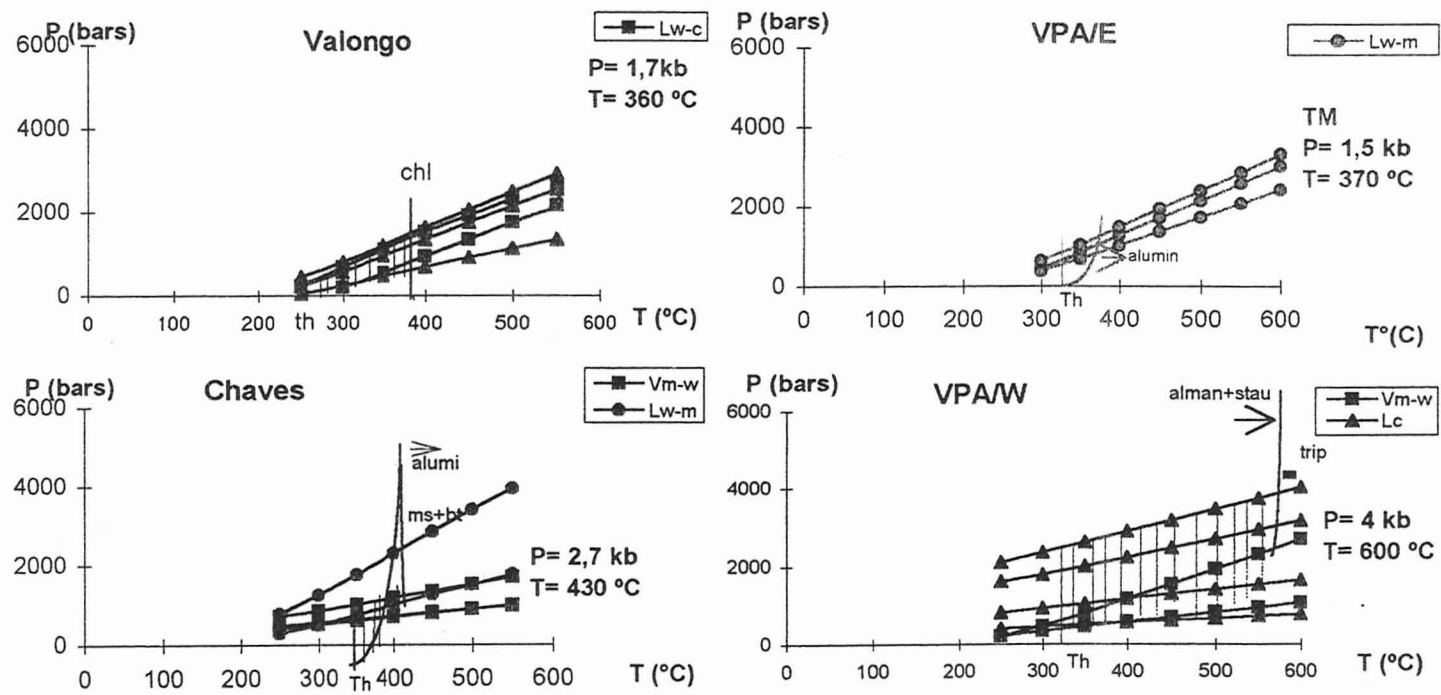


Fig 1: Diagrama P-T onde se mostram as isócoras para os fluidos das diferentes áreas.