

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CELINO, J.J. - 1993 - Reconhecimento Geológico dos Granitóides do Extremo Sul da Bahia e Nordeste de Minas Gerais. Relatório de campo (inédito), 49p.
- PEDROSA-SOARES, A.C. - 1995 - Potencial Aurífero do Vale do Araçuaí, MG: História da Exploração, Geologia e Controle Tectono-Metamórfico. Tese de Doutorado, UnB, 177 pg. e anexos.
- SILVA, J. M. R. da; LIMA, M.I.C. de; VERONESE, V.F.; RIBEIRO Jr., R.N.; ROCHA, R.M. & SIGA Jr., O. - 1987 -Geologia. In: Brasil - MME. Projeto RadamBrasil. Folha SE.24- Rio Doce, Rio de Janeiro. Inéd.

DETERMINAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE PRESSÃO E TEMPERATURA DE CRISTALIZAÇÃO EM MAGMAS CHARNOQUITÓIDES: O EXEMPLO DE VENDA NOVA, ES

*Julio Cezar Mendes, Cristina Maria Wiedemann (Depto de Geologia - UFRJ,
Bolsista do CNPq
Mario Cesar Heredia de Figueiredo (in memoriam)*

O maciço intrusivo de Venda Nova, de idade Brasileira, situa-se na região centro-sul do Espírito Santo, sendo constituído predominantemente por rochas de tendência alcalina (gabros e sienomonzonitos). Esse conjunto é envolvido por um estreito e irregular anel de rochas noríticas e charnoquitóides que possuem quimismo toleítico e Ca-alcalino, respectivamente (Mendes et al., 1994). As composições químicas de diversas fases minerais dessas rochas da borda foram obtidas por microsonda eletrônica (Laboratório de Microsonda do DMP-IG/USP). Os seguintes minerais foram analisados: OPX, CPX, anfibólios, biotitas, plagioclásios, álcali-feldspatos, ilmenitas e magnetitas.

Pares de orto e clinopiroxênios coexistentes forneceram composições de OPX variando entre En50,57 a En59,58 e Fs39,16 a Fs47,63 para os noritos e En58,94 a En64,62 e Fs33,34 a Fs39,62 para os charnoquitóides, com exceção de uma amostra que é bem mais rica em Fe (En41,38Fs56,99). Os Mg# dos OPX são moderados (média de 0,56 para os noritos e 0,63 para os charnoquitóides), excetuando a amostra mais rica em Fe, cuja média é de 0,44), mas superiores àqueles das rochas correspondentes, em torno de 0,48. Os clinopiroxênios dos noritos e dos charnoquitóides possuem Mg# superiores aos OPX coexistentes (0,68 e 0,73 em média). Oscilam composicionalmente entre Wo44,07 a Wo48,97, En34,44 a En40,53 e Fs12,93 a Fs19,26, com exceção da amostra mais rica em Fe que possui composição média Wo46,3En29,2Fs24,4. As concentrações de Al₂O₃ são de

1,5% em média, e ocorre uma tendência geral de aumento dos teores de Fe com a diminuição de Ca.

O diagrama Wo-En-Fs da Figura 1 ilustra a variação composicional dos piroxênios, podendo-se verificar o enriquecimento em Mg dos charnoquitóides e tam-

bém que as *tie lines* que ligam os pares são muito próximas mas não se cruzam, evidenciando cristalização em condições de equilíbrio. Os valores médios de Kd_{Mg-Fe} para os piroxênios coexistentes dos noritos é de aproximadamente 0,61 e para os charnoquitóides é superior a 0,67 (0,61 para a amostra enriquecida em Fe). Valores inferiores a 0,65 foram associados por Kretz (1963) a rochas metamórficas. Os baixos valores de Kd obtidos para os noritos podem estar relacionados a sua provável origem por acumulação de plagioclásio e piroxênios, processo este que pode causar desequilíbrios nas trocas químicas. Uma outra possibilidade é que estejam associados a reequilíbrios químicos ocorridos em condições de *sub-solidus*, que devem ser responsáveis pelos baixos Kds da amostra rica em Fe.

Os anfibólios dessas rochas são secundários em sua maioria, mas a presença de cristais primários é sugerida pela petrografia. Por outro lado, as análises de anfibólio dos noritos e charnoquitóides resultaram composições semelhantes, sem grandes variações dos Mg#, que são de 0,55 e 0,62 respectivamente (0,42 para a amostra com mais Fe). Eles possuem composição cálcica e a classificação da maioria das amostras (segundo Leake, 1978) é Mg-hornblenda, com Si = 6,28 a 6,6 átomos/fórmula, como se vê na figura 3. O Al(total) apresenta uma boa correlação com Al^{IV} e Al^{VI} (Figura 4) e os teores de Ca e Na exibem pequenas variações, enquanto que o K oscila consideravelmente, sendo maior nas amostras onde o sítio A está mais preenchido. Os teores de Al(total) mostram uma relação inversa com os Mg#, sendo portanto inferiores nos charnoquitóides. Os valores de Mg# não são correlacionáveis com aqueles das rochas que os contém, sendo eles bem superiores nos minerais. Por seu lado, o conteúdo de K nos anfibólios tende a crescer com o aumento do K_2O das rochas.

Também para as biotitas a análise petrográfica sugere a existência de mais de uma geração, mas não é possível afirmar com convicção a presença de uma fase primária. Os Mg# são semelhantes àqueles dos anfibólios para todas as amostras analisadas, sendo, portanto, maiores nos charnoquitóides, exceto a amostra rica em Fe. Exibem altos conteúdos de Ti (até 0,7 átomos/fórmula) e apresentam insignificantes teores de Na, F e Cl. Na figura 2, onde se vêem os extremos composicionais das micas ferro-magnesianas, é clara a separação de três grupos pelos Mg# (que praticamente não oscila em cada grupo): noritos, charnoquitóides e a amostra rica em Fe. As amostras analisadas situam-se numa região intermediária entre os membros finais flogopita e annita.

Plagioclásios da matriz e microfenocristais mostram composições muito similares nos noritos. Possuem altas proporções do componente anortita, tendo sido obtidas composições variando entre An54 e An87, que por vezes são detectadas

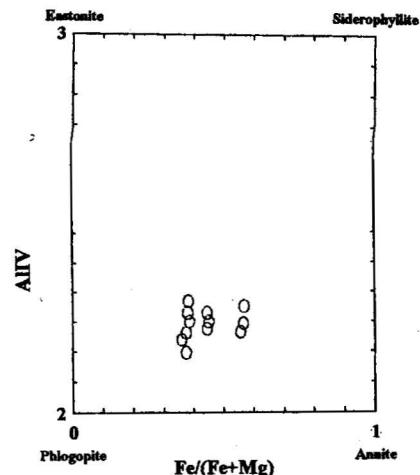
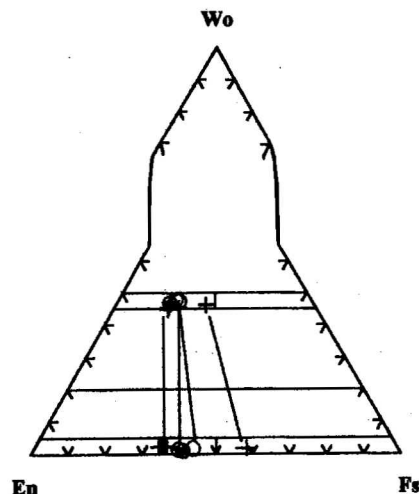
em cristais zonados. Estes teores elevados de anortita reforçam a hipótese de que os noritos devam corresponder a uma fase cumulática de um magma toleítico, cristalizada sob altas temperaturas. Nos charnoquitóides, a composição dos megacristais e dos plagioclásios da matriz numa mesma amostra é também praticamente a mesma. Dentre eles ocorrem poucos grãos zonados e a sua composição varia de andesina sódica - An31 (corresponde à amostra com minerais máficos ricos em Fe) a andesina cálcica - An45.

As fases opacas presentes nas rochas da borda do maciço de Venda Nova são ilmenita com lamelas de exsolução de hematita, magnetita predominantemente secundária e pirita. As análises de ilmenita revelaram pequenas variações na composição, conteúdos elevados de MgO (>1%) e algumas amostras com alto teor de MnO, que chega a 5%. As proporções de molécula de hematita variam de 3,1% a 20,7%. Tais porcentagens de molécula de hematita em solução sólida com ilmenita indicam que o magma se cristalizou sob fO_2 relativamente baixas, apesar dos Mg# dos minerais máficos serem relativamente altos. Os cristais de magnetita correspondem a fases quase puras em Fe, com proporções da molécula de Fe_3O_4 maiores do que 97%.

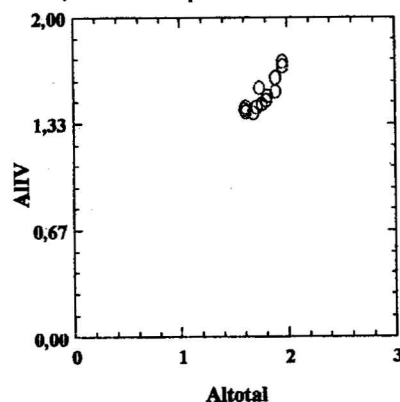
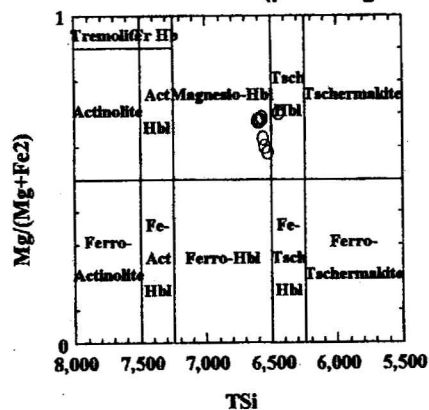
Os pares de OPX-CPX dos noritos forneceram temperaturas de equilíbrio da ordem de $910 \pm 25^\circ C$ e para os charnoquitóides a média foi de $955 \pm 40^\circ C$, valores estes próximos aos estimados através da calibração gráfica de Kretz (op. cit.), que resultou em aproximadamente 840 e $980^\circ C$, respectivamente. Já para ilmenitas e magnetitas coexistentes as temperaturas deram em torno de $590 \pm 27^\circ C$, correspondendo a um intervalo de reequilíbrio mineral em prováveis condições de *subsolidus* (reforçando a origem secundária das magnetitas). Temperaturas pouco inferiores a esta (cerca de $520^\circ C$) foram obtidas através do termômetro plagioclásio-K-feldspato, indicando também um intervalo de reequilíbrio mineral.

O cálculo da fO_2 por meio do par ilmenita-magnetita resultou em valores de $\log fO_2$ da ordem de $-19,5 \pm 0,6$, compatíveis com um sistema onde predominaram condições redutoras, como já sugerido pelas proporções de hematita em solução sólida com ilmenita. A partir da equação de Schmidt (1991), o teor de Al nos anfibólios (ver Fig. 4) forneceu pressões em torno de $5,5 \pm 0,6$ Kb, abaixo dos valores de 7-8 Kb calculados para granulitos regionais. Há que se considerar que este geobarômetro foi calibrado para anfibólios primários e em rochas que contêm titanita, que não é o caso dos litotipos da borda do maciço de Venda Nova.

As rochas da borda do maciço de Venda Nova exibem portanto minerais primários cristalizados sob altas temperaturas (piroxênios e plagioclásios com certeza) e uma paragênese secundária associada a reequilíbrio mineral em condições de *subsolidus*, em que se incluem hornblenda, biotita, magnetita e provavelmente álcali-feldspato. As condições para cristalização deste conjunto foram prioritariamente redutoras, com $P_{CO_2} > P_{H_2O}$ e pressão total de cerca de 5,5 Kb.



Figuras 1 e 2 - Diagrama Wo-En-Fs com tie lines para alguns pares de piroxênios coexistentes e diagrama de variação composicional de flogopitas-biotitas. Símbolos (para a figura 1): o Noritos; + Charnokitóides



Figuras 3 e 4 - Diagramas TSi x Mg/(Mg+Fe+2) para classificação de anfíbólios cálcicos e Al(total) x Aliv para os anfíbólios das rochas da borda do maciço de Venda Nova.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KRETZ, R. 1963. Distribution of magnesium and iron between orthopyroxene and calcic pyroxene in natural mineral assemblages. *Journal of Geology*, 71: 773-785.
- LEAKE 1978. Nomenclature of amphiboles. *Can. Mineral.*, 16: 501-520.
- MENDES, J.C.; WIEDEMANN, C.M. & FIGUEIREDO, M.C.H. 1994. Enderbitos e hiperstênio-gabros do maciço de Venda Nova-ES: considerações petrográficas e geoquímicas. In: Congr. Bras. Geol., 38. Balneário Camboriu, S. C., 1994. Boletim de resumos expandidos...SBG. vol. 1, p. 133-134.
- SCHMIDT, M.W. 1991. Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. *Contrib. Miner. Petrol.*, 110: 304-310.