

## ESTUDO GEOQUÍMICO DO INTEMPERISMO NO MACIÇO ALCALINO DE CATALÃO I / GOIÁS.

Roseli A.L.Imbernon<sup>1</sup>, Vitor Paulo Pereira<sup>2</sup>, Sonia M.B.Oliveira<sup>1</sup> & Milton L.L.Formoso<sup>2</sup>

1 - Universidade de São Paulo

2 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**INTRODUÇÃO** O Maciço Alcalino-carbonatítico de Catalão I faz parte da Província Alcalina do Alto Paranaíba (Ulbrich & Gomes, 1981), e intrude metassedimentos proterozóicos situados a margem do Cráton de São Francisco.

Situa-se em Ouvidor, a 10 Km da cidade de Catalão, e possui forma subcircular com área de 33 Km<sup>2</sup>, sendo constituído por rochas ultramáficas (dunitos, peridotitos, piroxenitos e foscritos) cortadas por carbonatitos, veios de barita e sílexitos tardios. Possui ainda glimeritos, cuja gênese tem sido atribuída a um metassomatismo potássico (Carvalho, 1974b).

As datações K/Ar forneceram idades de 82,9±9 Ma (Sonoki & Garda, 1988), recalculando, com novas constantes de decaimento, a idade anterior; 91,8±3,3 Ma (Imbernon, 1993) utilizando o mesmo método em flogopitas e, 114±20 Ma por traços de fissão em apatitas (Eby & Mariano, 1986).

A nível econômico, possui 79 milhões de toneladas com mais de 20 % de Ce<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 35 milhões de toneladas de Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> com mais de 1,2 % de Nb, 200 milhões de toneladas com mais de 10 % de TiO<sub>2</sub> e 6 milhões de toneladas com 6 % de vermiculita.

Sobre este maciço, desenvolveu-se um perfil laterítico que, em alguns locais, chega atingir 180 metros de espessura, tendo-se realizado para o presente trabalho um perfil localizado na frente de lavra 4 da área 1 da mina da Goiásfértil SA, de onde é extraído fosfato apatítico. As amostras foram estudadas por microscopia óptica e difração de raios-x, sendo analisadas para elementos maiores, traços e terras raras.

**RESULTADOS DAS ANÁLISES** As atividades de campo e o uso das diferentes técnicas anteriormente citadas permitiram identificar como atividades magmáticas ou hidrotermais:

1. uma brecha magmática, situada na base do perfil, cuja matriz é composta por flogopita, magnetita, pirita, olivina, titanita e apatita, tendo-se identificado ainda a presença de cromita (análise por microscopia eletrônica de varredura) e perovskita. Apresenta xenólitos de magnetita, localizadamente maiores que 5 cm, olivinas com mais de 2 cm, norito e carbonatito. Esta brecha é cortada por um carbonatito tardio e verifica-se, a nível microscópico, a presença de veios de serpentina;

2. olivina glimerito constituído por olivina, flogopita, titano-magnetita, apatita e calcita;

3. veios carbonatíticos bandados, com até 30 cm de espessura, cujas bandas cinzas e brancas, de até 3 cm, são devido a maior ou menor concentração de magnetita. As bandas brancas têm calcita ou dolomita com granulometria menor que a das bandas escuras e com grãos raramente maclados opticamente, ao contrário daquelas existentes nas bandas ricas em magnetita que se diferenciam ainda, por possuir pirita:

. veios de barita hidrotermal tardia;

. veios de quartzo tardios;

. um nível rico em apatita (apatita glimerito) e outro em magnetita (magnetitito), sendo esse próximo ao topo do perfil isalterítico e contendo, localizadamente, concentrações de zircão. Essas rochas e minerais foram submetidos aos processos intempéricos originando, com o avanço da alteração, minerais secundários ou plasmáticos. É freqüente a presença de hematita e goethita resultantes da alteração de diferentes minerais, principalmente das magnetitas; carbonatos reprecipitados após a dissolução congruente; minerais do grupo da florencita e plumbogummita ou apatitas secundárias produto da alteração das apatitas, esmectitas ou vermiculitas provenientes de flogopitas e "iddingsita" ou clorita resultantes da alteração de olivina.

**DISCUSSÃO** Para caracterizar os diferentes graus de alteração intempérica, foram analisados os elementos maiores, menores e terras raras em rochas ultrabásicas (glimeritos) e carbonatitos frescos alterados.

Verificou-se que as rochas ultrabásicas sãs apresentam baixos teores de  $Al_2O_3$  (2,5 a 2,7%), sendo praticamente desprovidas de  $Na_2O$  (0,06 a 0,07%) e, que possuem altos teores de  $Fe_2O_3$  (8,9 a 10,9%),  $CaO$  (14,9 a 15,5%) e  $MgO$  (21,1 a 21,2%), sendo as quantidades variáveis de  $K_2O$  (0,61 a 3,70%) atribuídas ao diferente grau de vermiculitização. Apresentam ainda, altos teores de  $TiO_2$  (1,9 a 2,6%) devido à presença de titano-magnetita e de  $P_2O_5$  (1,4 a 1,7%), F (0,40 a 0,44%) e Sr (295 a 1520ppm) devido, principalmente, à presença de apatita. Os teores elevados em Ni (630 a 866ppm) e Cr (755 a 958ppm) são típicos de rochas ultramáficas, tendo sido observada a presença de cromita associada a matriz flogopítica da brecha ultramáfica existente na base do perfil. Apresentam papel importante no estudo da alteração o Zr (340 a 560ppm), Nb (380 a 420ppm), Ta (10 a 26ppm), Y (23 a 24ppm) e S (660 a 2000ppm).

A análise de uma amostra de carbonatito apresentou valores significativos de  $CaO$  (44,8%) devido à presença de calcita,  $MgO$  (6,0%) devido à existência de dolomita,  $Fe_2O_3$  (5,0%), proveniente, principalmente da magnetita,  $P_2O_5$  (2,7%), F (0,24%) e Sr (4280ppm), advindos principalmente da apatita, Ba (2508ppm), que é resultante de veios hidrotermais tardios que cortam os carbonatitos e demais rochas, Nb (1140ppm) e Ta (30ppm) oriundos do pirocloro, Th (13ppm) cuja origem é, provavelmente, a mesma do Nb, S (980ppm) devido às piritas além do Y (46ppm).

O estudo do perfil alterítico permitiu diferenciar quatro regiões distintas, excetuando-se a parte alotérica, que são a rocha fresca, a rocha alterada, o saprólito e o horizonte laterítico. Verifica-se que o  $Fe_2O_3$  enriquece em direção ao topo do perfil, existindo, próximo a superfície, um nível com espessura superior a 10 metros, com teor superior a 90%, devido a um enriquecimento em magnetita anterior ao processo de alteração, cuja origem é ainda discutível, porém, que possibilita levantar a hipótese do maciço ser zonado na parte superior. A observação,

da presença de um morro formado quase que exclusivamente por magnetita na parte oriental da área (DYER, 1969), ou seja, no lado oposto do perfil em estudo, e a observação das diferentes minas existentes no maciço reforçam esta hipótese. O  $CaO$  tem menores teores na rocha alterada, cresce na região saprolítica, voltando a empobrecer no horizonte laterítico, devido à presença ou ausência de veios carbonatíticos, o que pode ser confirmado pelas razões  $CaO/P_2O_5$ . Verifica-se ainda a redução dos teores de  $MgO$ , principalmente no saprólito. Constata-se que o  $TiO_2$  enriquece ao longo do perfil, ocorrendo o mesmo com o  $P_2O_5$  o qual, porém, empobrece no horizonte laterítico, devido a pequena quantidade de apatita existente no mesmo. A variação nos teores de bário resultam da origem hidrotermal tardia, conforme citado anteriormente. O comportamento heterogêneo do Sr parece estar relacionado a presença de carbonatito e de apatita, já que seu maior enriquecimento (saprólito), é acompanhada pelo aumento nos teores de  $CaO$  e  $P_2O_5$ . O enriquecimento nos teores de Zr, Hf e Y no horizonte laterítico se deve, provavelmente, ao enriquecimento em zircão, enquanto o aumento nos teores de Nb, Ta e Th ainda não são bem explicados, pois esses elementos, oriundos principalmente da alteração do pirocloro, não foram identificados em fases secundárias como a pandaíta por exemplo, estando associados aos oxi-hidróxidos de ferro. A redução nos teores de enxofre é explicada pela oxidação da pirita, o que possibilita o transporte deste pelas soluções percolantes.

Com a desestabilização da apatita, formam-se fosfatos secundários de família da florencita, plumbogumita ou mesmo apatitas secundárias no topo do perfil.

Os resultados das análises dos elementos terras raras, obtidos por ativação neutrônica, mostram que as rochas frescas apresentam um enriquecimento nestes elementos em relação a média da crosta e, que o carbonatito ( $\Sigma ETR = 0,32\%$ ) é mais rico que o glimerito ( $\Sigma ETR = 0,13\%$ ), sendo também mais fracionado, o que é indicado pelas razões  $ETRL/ETRP$  (40,15 no glimerito e 52,52 no carbonatito) ou  $La/Lu$  (1740,71 no glimerito e 5145,38 no carbonatito) sendo estes resultados concordantes com aqueles apresentados na literatura de outros maciços alcalinos, onde as fases tardias são mais enriquecidas em

elementos terras raras. As concentrações nestes elementos deve-se, principalmente, a presença de apatita e, secundariamente, ao pirocloro e perovskita, podendo haver uma pequena contribuição pelos demais minerais.

A análise do comportamento dos ETR, após a normalização pelo condrito, permite afirmar que com o avanço dos processos intempéricos há um aumento progressivo na concentração desses elementos, atingindo a valor máximo no horizonte laterítico, onde aparecem os fosfatos secundários do grupo da florencita. Verifica-se, ainda, que não há fracionamento dos ETRL em relação aos ETRP ao longo do perfil.

**CONCLUSÕES** O perfil laterítico estudado na frente de lavra 4, para a exploração de fosfato apatítico, permitiu identificar a presença de glimerito, com composição heterogênea, que é cortado por veios carbonatíticos bandados. A estas rochas, superpõe-se eventos hidrotermais responsáveis pela existência de veios de quartzo e de barita, sendo esses os mais tardios. A presença de uma brecha ultramáfica, na base do perfil, portadora de xenólitos de carbonatito, norito e, de magnetita e olivina pegmatóides, torna a evolução da área mais complexa, sendo necessário mais estudos para posicioná-la temporalmente. Este conjunto complexo foi submetido aos processos intempéricos originando vermiculita, esmectita, caolinita, hematita, goethita, apatita secundária, florencita, plumbogumita, clorita, "iddingsita", carbonatos secundários além de plasmás com composição heterogênea.

O estudo da composição química das diferentes fácies alteradas permitiu distinguir quatro regiões distintas,

excetuando-se a capa aloterítica, a saber: rocha fresca; rocha alterada; saprólito e horizonte laterítico.

Com o avanço da alteração, verificou-se um enriquecimento em  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  (concentrados nos oxi-hidróxidos),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (existentes na apatita e fosfatos secundários), Zr, Hf e Y (provavelmente pelo enriquecimento em zircão), Nb, Ta e Th cujo comportamento geoquímico não foi bem compreendido, sendo necessário análises precisas das fases secundárias, principalmente dos plasmás. Os elementos terras raras são também enriquecidos com o avanço do intemperismo, não havendo fracionamento dos ETRL em relação aos ETRP. O CaO tem comportamento heterogêneo devido, principalmente, à presença ou não de veios carbonatíticos; similarmente o Sr, parece estar relacionado ao comportamento do CaO e do  $\text{P}_2\text{O}_5$  enquanto o MgO decresce com o avanço da alteração.

#### REFERÊNCIAS

- Carvalho, W. T. (1974b), Cong. Bras. Geol. 28(5):25-272.  
Dyer, R. C. (1969), REM Rev. Esc. Minas de Ouro Preto, 27:170-176.  
Eby, N. & Mariano, A. N. (1986), Ottawa Carb. Symp. 13p.  
Hasui, Y. & Cordani, U. G. (1968), Cong. Bras. Geol. 22:63-85.  
Imbernon, R. A. L. (1993), Diss. Mestr. Inst. Geoc. USP 132p. (inédito)  
Sonoki, I. K. & Garda, G. M. (1988), Bol. IG-USP Série Cient. 19:63-85.  
Ulbrich, H. H. G. J. & Gomes, C. B. (1981), Earth Sci. Rev. 17:135-154.