

PETROGÊNESE DE FORMAÇÕES FERRÍFERAS E METAHIDROTHERMALITOS DA FORMAÇÃO AIMBÉ, GRUPO GUARINOS (ARQUEANO), GOIÁS

MARCELO GONÇALVES RESENDE & HARDY JOST

ABSTRACT PETROGENESIS OF IRON FORMATIONS AND METAHYDROTHERMALITES OF THE AIMBÉ FORMATION, GUARINOS GROUP (ARCHAEAN), GOIÁS. The Airibe Formation is a stratigraphic unit of the Archaean Guarinos Group (Guarinos greenstone belt, Goiás, Central Brazil) consisting of (I) magnetite- and/or haematite-muscovite iron formations, quartz being absent; (ii) metahydrothermalites representing fossil exhalative centers with preserved vents surrounded by hydrothermal alteration haloes containing tourmaline, chloritoid, magnetite, chlorite, and muscovite, and (iii) minor metaconglomerates and metashales. Tourmaline, chloritoid, magnetite, chlorite, and muscovite were quantitatively analysed in a microprobe to determine compositional variations of mineral species common to different alteration haloes, to the two main facies of the iron formations, and to both, to support the interpretation of the mineral composition of the protoliths of metahydrothermalites and iron formations. The composition of metamorphic minerals suggest that the metahydrothermalites protoliths were probably composed by variable proportions of kaolinite, diaspore, magnetite, pyrophenite, illite, Na-montmorillonite, while muscovite of the iron formations is interpreted as metamorphosed felsic volcanic ash.

Keywords: Iron formations, metahydrothermalites, petrogenesis, Archaean, Goiás

RESUMO A Formação Aimbé é uma unidade estratigráfica do Grupo Guarinos (*greenstone belt* de Guarinos, Goiás), de idade arqueana e contém (i) formações ferríferas predominantes, com magnetita e/ou hematita e muscovita, sem quartzo, (ii) metahidrotermalitos com condutos circundados por diversas zonas de alteração com turmalina, cloritóide, magnetita, clorita e muscovita, e (iii) locais metaconglomerados e metafolhelhos. Turmalina, cloritóide, magnetita, clorita e muscovita foram analisados em microsonda eletrônica para determinar variações composicionais de espécies minerais comuns aos diferentes halos de alteração, às duas subfácies de formações ferríferas, e a ambos, e suportar a interpretação da composição mineral dos protólitos de metahidrotermalitos e formações ferríferas. A composição química dos minerais metamórficos sugere que os protólitos dos metahidrotermalitos continham proporções variadas de caulinita, diaspora, magnetita, pirofillita, illita, Na-montmorillonita e albita. A muscovita das formações ferríferas é interpretada como produto metamórfico de cinza vulcânica félsica.

Palavras-chaves: Formações ferríferas, metahidrotermalitos, petrogênese, Arqueano, Goiás

INTRODUÇÃO Formações ferríferas são pouco frequentes nas rochas supracrustais arqueanas do tipo *greenstone belt* da região de Crixás, Goiás (Fig. 1), mas a sua presença tem sido registrada desde os trabalhos pioneiros de Danni & Ribeiro (1978) e Sabóia (1979). As formações ferríferas ocorrem nas faixas de Pilar de Goiás e Guarinos, mas não foram, ainda, observadas na faixa de Crixás. As ocorrências conhecidas consistem de: (a) depósitos do tipo Algoma, nas fácies óxidos e silicato, intercalados em metakomatiitos e metatoleiitos de Pilar de Goiás (Danni *et al.* 1986) e Guarinos (Jost & Oliveira 1991); (b) depósitos do tipo Superior, associados a mármore e conglomerados, como os da Sequência Morro Escuro, na faixa Guarinos (Jost *et al.* 1989); (c) depósitos do tipo SEDEX, como os da Formação Aimbé, faixa Guarinos (Jost *et al.* 1994, Resende 1994), e (d) ocorrências de origem incerta, intercaladas em filitos carbonosos do topo das seqüências estratigráficas de Guarinos e Pilar de Goiás (Jost & Oliveira 1991).

A Formação Aimbé, objeto do presente estudo, é uma subunidade do Grupo Guarinos e cujas características foram inicialmente descritas por Jost & Oliveira (1991) e complementadas por Resende *et al.* (1993), Jost *et al.* (1994), Resende (1994) e Resende & Jost (1994). A unidade tem cerca de 50 m de espessura e está exposta, segundo a direção, por aproximadamente 25 km e consiste de (i) formações ferríferas dominantes, com magnetita e/ou hematita e muscovita intersticial ou em bandas, e ausência de quartzo, (ii) lentes de metahidrotermalitos e (iii) lentes de metaconglomerados e metafolhelhos. A presença de metahidrotermalitos e a estranha associação mineral das formações

ferríferas motivou uma investigação mais detalhada da composição das espécies minerais metamórficas comuns às rochas dos diferentes halos de alteração hidrotermal, às subfácies de formações ferríferas e a ambos, visando identificar variações composicionais dos minerais metamórficos dos dois ambientes e suportar a interpretação da composição mineral dos protólitos de metahidrotermalitos e formações ferríferas.

ESTRATIGRAFIA E ESTRUTURA As rochas supracrustais do *greenstone belt* de Guarinos (Fig. 2) estão reunidas no Grupo Guarinos (Jost & Oliveira 1991). A seção inferior do Grupo é constituída por rochas metavulcânicas que, da base para o topo, compreendem metakomatiitos (Formação Serra do Cotovelo), sotopostos a metabasaltos toleióticos (Formação Serra Azul), ambos com intercalações de formações ferríferas. A seção superior é metasedimentar e, da base para o topo, compreende: (a) quartzo-clorita xistos, comumente rítmicos da Formação São Patricinho, em parte lateralmente dispostos aos metabasaltos da Formação Serra Azul; (b) formações ferríferas, metahidrotermalitos, metaconglomerados e metafolhelhos da Formação Aimbé, e (c) metapelitos, em geral carbonosos, com raras intercalações de metachert, formações ferríferas e manganesíferas, da Formação Cabaçal.

As paragêneses minerais de metamorfismo regional em metabasaltos e metapelitos são compatíveis com as condições da fácies xisto verde. A foliação metamórfica resultante é paralela ao acamamento original. A variação da atitude de ambos indica que as unidades mapeadas descrevem, na

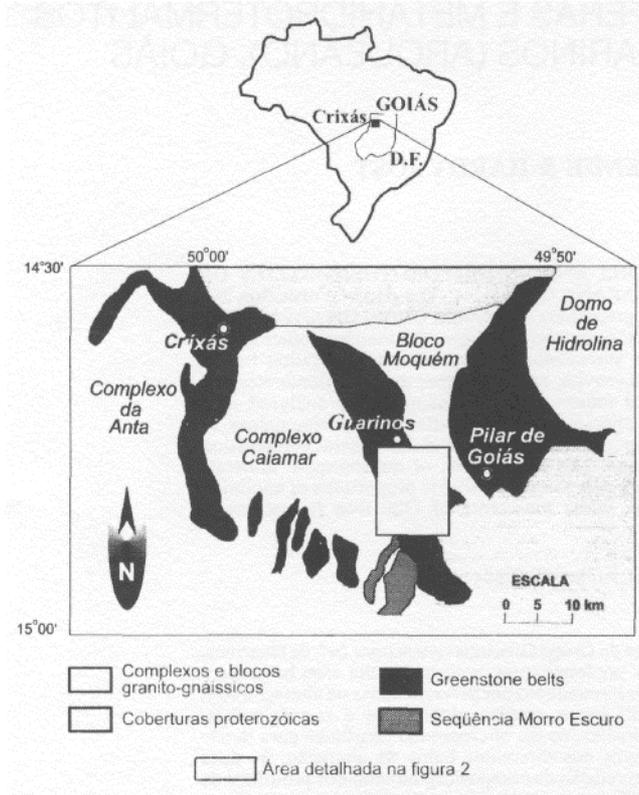


Figura 1 - Localização geográfica do greenstone belt de Guannos, Goiás
 Figure 1 - Geographical location of the Guarinos greenstone belt, Goiás, Central Brazil

metade norte da área estudada, um antiforme inverso cuja superfície axial tem atitude média N30°W,35°SW. Na metade sul, essa estrutura se bifurca (Fig. 2) para sul como antiforme simétrico e normal, de superfície axial N-S e caimento médio de 10°S, e para sudeste, como antiforme assimétrico e inverso de superfície axial média com atitude N70°W,45°SW e caimento médio de 15°SE.

Estruturas primárias reliquias, tais como laminação e estratificação cruzada, estruturas de corte-e-preenchimento e acamamento gradacional em rochas metassedimentares e estruturas em almofada em metabasaltos indicam que a seqüência estratigráfica do Grupo Guarinos está inteiramente invertida. Isto condiz com a localização das unidades mais antigas, como os metakomatiitos da Formação Serra do Cotovelo, em posições estruturais elevadas, em contraste com unidades mais jovens, como os metassedimentos da Formação Cabaçal, situados no núcleo da estrutura.

A Formação Aimbé recobre, a norte, metabasaltos da Formação Serra Azul e, a sul, rochas metassedimentares da Formação São Patricinho, sinalizando que a unidade provavelmente repousa sobre uma discordância. O contato é brusco, por vezes tectônico. Quando brusco, os metabasaltos da Formação Serra Azul e os metassedimentos da Formação São Patricinho mostram, freqüentemente, uma zona com até 2 m de espessura com cloritóide e sericita, sugerindo que a deposição dos sedimentos da Formação Aimbé foi precedida da alteração do seu substrato. Já o contato com os xistos carbonosos da Formação Cabaçal varia de brusco a rapidamente gradual, quando então a passagem é marcada por um intervalo com até 5 m de espessura onde se alternam finos leitos de filito carbonoso e formação ferrífera. Os metaconglomerados, metafolhelhos e metahidrotermalitos da base da Formação Aimbé e o contato com os metabasaltos da Formação Serra Azul e as rochas metassedimentares da

Formação São Patricinho situam-se, sempre, em posições estruturais mais elevadas que o contato gradual das formações ferríferas com os metapelitos da Formação Cabaçal, em razão da inversão estratigráfica interpretada a partir de outros critérios.

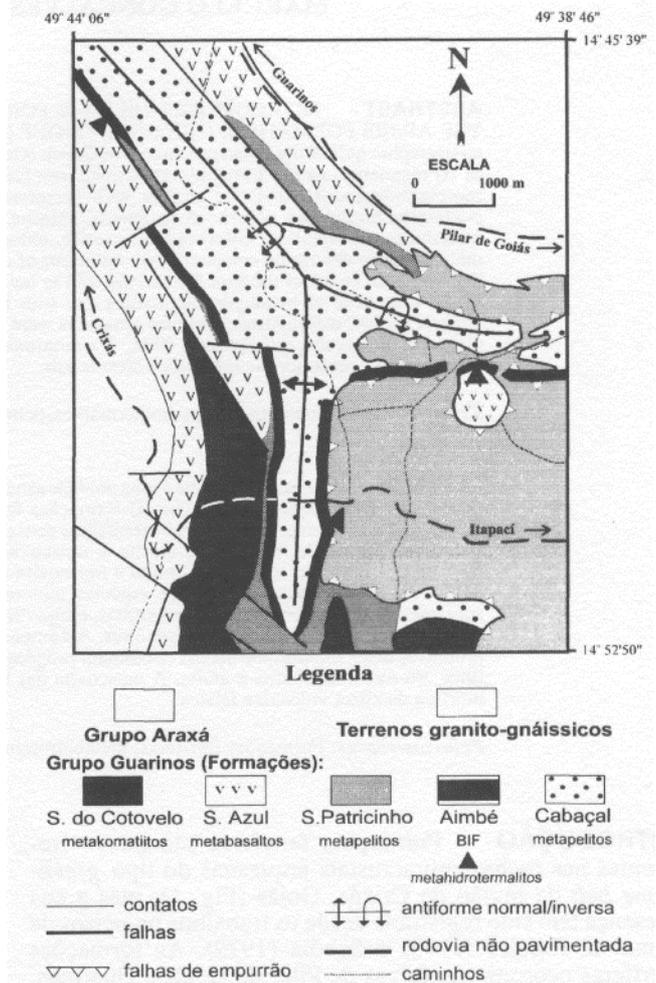


Figura 2 - Mapa geológico da porção centro-sul do greenstone belt de Guannos, mostrando a área de ocorrência da Formação Aimbé

Figure 2 - Geologic map of the central-south part of the Guannos greenstone belt, showing the area of occurrence of the Aimbé Formation

PETROGRAFIA Os litotipos da Formação Aimbé compreendem, em ordem decrescente de abundância, formações ferríferas, metahidrotermalitos e rochas metassedimentares detríticas. Para efeitos do presente trabalho, os aspectos petrográficos das últimas não serão descritos.

Formações Ferríferas As formações ferríferas (Foto 1) são as rochas características da Formação Aimbé e ocorrem em duas subfácies, sendo uma basal com magnetita e uma de topo com hematita. A sua estrutura pode ser maciça, presente em ambas as subfácies, bandada, dominante na subfácies com magnetita, ou laminada, característica da subfácies com hematita. Laminação e bandamento são dados pela alternância de níveis de espessura milimétrica a centimétrica, ora ricos em magnetita ou hematita, ora em muscovita. Estruturas secundárias tais como dobras de estílos geométricos variados, lineações de estiramento, superfícies S-C e sombras de pressão associadas a porfiroclastos de magnetita ou de hematita, são freqüentes.

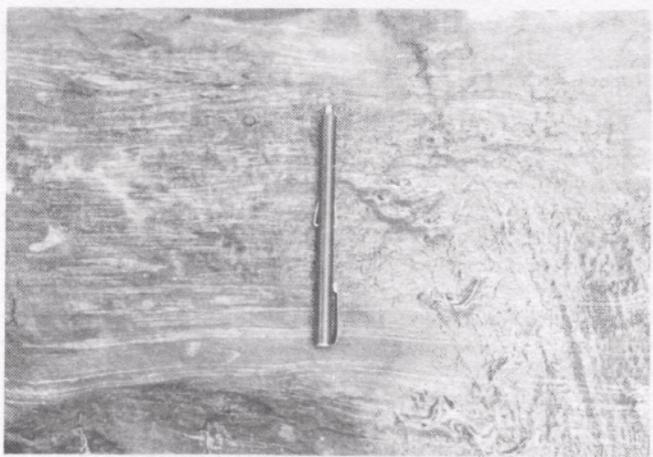


Foto 1 — Formação Aimbé. Afloramento de formação ferrífera bandada, sub-subfácies magnetita, mostrando a alternância de níveis de magnetita com níveis de muscovita
 Photo 1 - Aimbé Formation. Outcrop of the magnetite sub-facies banded iron formation showing the alternation of magnetite and muscovite layers

Ao microscópio, as formações ferríferas apresentam texturas granoblástica e lepidoblástica em domínios alternados. Seus constituintes essenciais compreendem magnetita e/ou hematita e muscovita. Quartzo, quando presente, não excede 5%.

Em amostras menos deformadas, a magnetita ocorre em cristais pré-tectônicos comumente euédricos, com diâmetro entre 0,1 mm até 2 mm. Com o incremento da deformação, os cristais se alongam segundo a foliação, adquirem sombras de pressão com quartzo e muscovita e desenvolvem trilha de cominuição mecânica, cujos subgrãos podem, por recuperação, formar porfiroblastos sin-tectônicos. Independente de serem pré- ou sin-cinemáticos e do estado de deformação, os cristais de magnetita estão comumente martitizados, sugerindo que a sua oxidação para hematita resulta de alteração superficial.

A hematita é da variedade especularita e, a exemplo da magnetita, também ocorre em cristais pré-tectônicos, geralmente lamelares, euédricos e com comprimento entre 0,1 mm e 2 mm. Os cristais de especularita estão sempre alinhados segundo uma direção preferencial, independente da orientação dos demais constituintes. O aumento da deformação também é acompanhado da cominuição mecânica da hematita, em geral com recuperação dos sub-grãos para especularita mais fina.

A muscovita é ora intersticial à magnetita e/ou hematita, ora ocorre em níveis onde predomina. Em ambos casos, o mineral contém diminutas inclusões de magnetita e/ou hematita. Quando intersticial, as palhetas de muscovita são anédricas, de granulação inferior a 0,3 mm e estão comumente intercrescidas. Já nos níveis onde predomina, a muscovita é euédrica e suas palhetas, raramente intercrescidas, possuem dimensões maiores, variáveis entre 0,2 e 1 mm. Em amostras menos deformadas, a muscovita intersticial não está orientada, mas, nos níveis onde se concentra, está orientada ortogonalmente ao bandamento composicional. Com o aumento da deformação, as palhetas intersticiais se agrupam em filetes que contornam porfiroclastos alongados de magnetita e/ou hematita, e, nos níveis mais ricos no mineral, as palhetas estão orientadas segundo uma direção comum, paralela ao bandamento composicional. Amostras com intensa deformação apresentam, comumente, porfiroblastos pós-tectônicos de muscovita, desenvolvidos aleatoriamente sobre a matriz foliada de muscovita.

O quartzo, quando presente, ora é constituinte de sombras de pressão, ora ocorre como diminutos grãos anédricos, disseminados e intercrescidos com muscovita.

Metahidrotermalitos Rochas interpretadas como metahidrotermalitos compreendem associações minerais diversas agrupadas e localizadas na base das formações ferríferas. Três áreas com estas rochas foram, até o presente, identificadas (Fig. 2), as quais se assemelham em geometria, relações de contato com rochas encaixantes, estrutura interna e tipos de rochas, como resumido na figura 3.

A expressão dos corpos com metahidrotermalitos em planta é de uma elipse assimétrica alongada segundo a foliação metamórfica local mais proeminente, com eixos médios menor e maior respectivamente de 50m e 200m. Esses corpos estão, de um lado, engastados em rochas metassedimentares da Formação São Patricinho ou em metabasaltos da Formação Serra Azul, e, no lado oposto, lateralmente interdigitadas com as formações ferríferas.

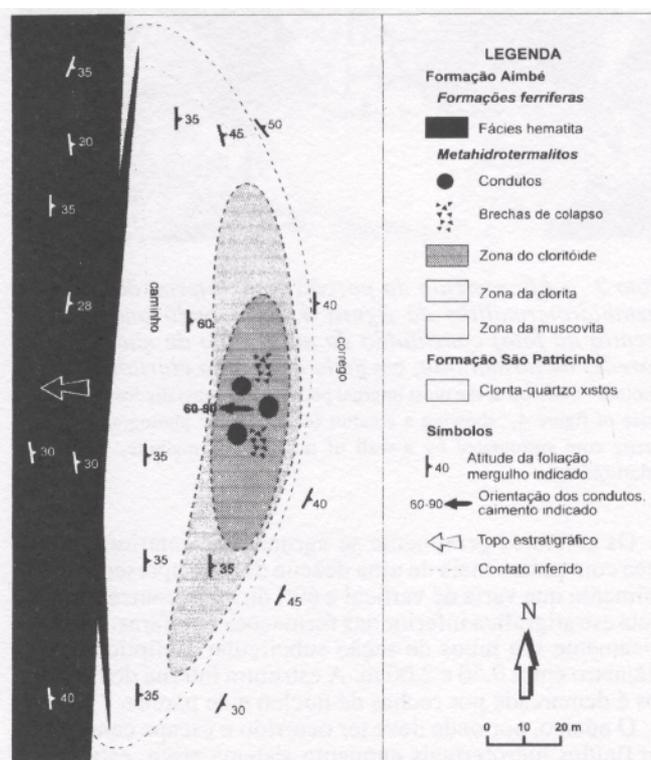


Figura 3 — Mapa geológico da lente cie metahidrotermalitos mais meridional da Formação Aimbé, mostrando a natureza concêntrica das diversas zonas em torno dos núcleos com condutos, o seu engaste preferencial no interior de metassedimentos da Formação São Patricinho e sua interdigitação lateral com a base das formações ferríferas. Observar que a orientação dos condutos é contrária à atitude das formações ferríferas. A seqüência estratigráfica está invertida, de modo que a visão do conjunto de condutos e zonas de metahidrotermalitos é de baixo para cima, em direção à superfície de deposição das formações ferríferas
 Figure 3 - Geologic map of the southernmost metahydrothermalite lens of the Aimbé Formation, showing the alteration haloes concentric around a core with conduits, as well as the partial setting of the zones within metasedimentary rocks of the São Patricinho Formation and, in the opposite side, the partial lateral interfingering of the metahydrothermalites with the lower portions of the iron formations. Observe that the orientation of the conduits is opposite to the attitude of the iron formations. The sequence is overturned so that the plan view of the conduits and metahydrothermal haloes is from below and toward the depositional surface of the iron formations

A estrutura interna dos corpos de metahidrotermalitos é zonada. Geralmente consistem de um núcleo contendo relíquias de estruturas e rochas de condutos fossilizados de canalização das soluções hidrotermais, envelopado por três zonas com metahidrotermalitos. Cada zona é caracterizada por associações próprias de aluminossilicatos metamórficos e, de acordo com o mineral predominante, compreendem as zonas do cloritóide, da clorita e da muscovita, respectivamente do núcleo para a periferia. Os condutos fossilizados situam-se na zona do cloritóide.



Foto 2 —Afloramento da porção mais interna da lente de metahidrotermalitos da figura 4, mostrando um conduto (centro da foto) constituído de um núcleo de quartzo com paredes de turmalinito, em meio à zona do cloritóide
Photo 2- Outcrop of the most internal portion of the metahydrothermalites lense of figure 4, showing a conduit (centre of the photograph) with a quartz core surrounded by a wall of massive tourmalinite, within the chloritoid zone

Os condutos geralmente se agrupam no interior de uma área com pouco mais de uma dezena de m² e apresentam um caimento que varia de vertical a 60°, dirigido contra a superfície estratigráfica inferior das formações ferríferas. Geometricamente são tubos de seção subcircular a elíptica e com diâmetro entre 0.50 e 2.00 m. A estrutura interna dos condutos é demarcada por rochas de núcleo e de parede.

O núcleo, por onde deve ter ocorrido o escape canalizado de fluídos hidrotermais enquanto sistema ativo, está, hoje, obstruído por quartzo leitoso sacaroidal. As paredes têm espessura entre 20 e 60 cm e consistem de turmalinito, cujas propriedades texturais e composicionais permitem subdividi-lo em três sub-zonas. A mais interna, situada junto ao núcleo de quartzo, tem espessura centimétrica e é um agregado de agulhas euédricas milimétricas de schorlita. A intermediária, bem exposta na figura 5, tem espessura entre 10 e 20 cm e consiste de um turmalinito preto, de aspecto afanítico, estrutura radiada e que, ao microscópio, é maciço a ligeiramente bandado e composto por um agregado microcristalino de turmalina esferóide, localmente com quartzo intersticial. A zona externa está parcialmente superimposta à do cloritóide em cerca de 1-2 cm e, ao microscópio, mostra turmalina crescida sobre muscovita, cloritóide e magnetita, indicando que, nesta zona, a turmalina é metamórfica, em contraste com as demais, onde o mineral, se não está parcialmente recristalizado, pode ser primário.

A zona do cloritóide tem largura média de 10 m e seu contato com o turmalinito das paredes dos condutos é, originalmente, brusco. Contudo, a presença de turmalina metamórfica no contato sugere que o contato passou a ser rapidamente gradual por metamorfismo. O litotipo diagnóstico

desta zona é uma rocha de cor verde-escuro, granulação grossa a média, com fenoblastos euédricos de cloritóide de até 1 cm de comprimento, imersos em uma matriz mais fina, foliada ou não. Em lâmina delgada a rocha mostra textura lepidoblástica, localmente porfiroblástica, e é composta por clorita e cloritóide, com muscovita, magnetita e turmalina acessórias, localmente também stülpnomelano e ilmenita. Em amostras com foliação ausente ou incipiente, todos os constituintes minerais cresceram desordenadamente, indicando recristalização sob regime estático. Com o incremento da deformação, todos os minerais da zona do cloritóide estão rotacionados, encurvados, estirados e mecanicamente cominuídos, indicando que os termos foliados resultam por cisalhamento dos não foliados.

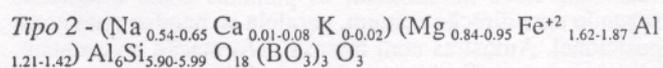
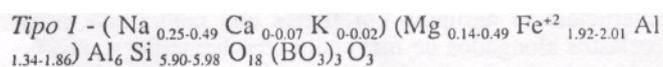
Nas proximidades dos condutos, a rocha da zona do cloritóide pode conter fragmentos angulosos, milimétricos a decimétricos de turmalinito microcristalino, provavelmente representando brechas de colapso das paredes destes.

A zona da clorita tem largura variável entre 1 e 20 m e o contato com a do cloritóide é gradacional, como sugere a progressiva diminuição da quantidade de cloritóide e aumento na de muscovita. A rocha típica desta zona é um clorita xisto verde claro, localmente com lentes milimétricas de quartzo. Ao microscópio, a rocha mostra uma textura lepidoblástica, localmente granoblástica e seus constituintes essenciais compreendem clorita e muscovita, com magnetita sub-essencial à acessória.

O halo mais externo das lentes de metahidrotermalitos é um muscovita xisto cinza-claro de granulação fina, textura lepidoblástica e pode conter até 90% de muscovita, com turmalina e magnetita acessórias.

QUÍMICA MINERAL Amostras representativas de formações ferríferas e de metahidrotermalitos da Formação Aimbé foram preparadas para análise química de espécies minerais por microsonda eletrônica do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Foram empregadas 6 seções polidas de formações ferríferas, representando diferentes posições estratigráficas, 3 lâminas representativas das zonas do cloritóide, da clorita e da muscovita, e 1 lâmina da porção externa da parede de um conduto, contendo tanto turmalina microcristalina quanto a de substituição de cloritóide, muscovita e magnetita. As análises foram pontuais e quantitativas (WDS), em grãos minerais previamente escolhidos por estudos petrográficos, totalizando 183 pontos de análise completa para óxidos de elementos maiores e menores. Eventuais variações composicionais internas de cada espécie mineral foram aferidas pela análise de no mínimo três pontos por grão, localizados respectivamente no centro, na periferia e em posição intermediária. Os resultados analíticos, reduzidos às respectivas médias aritméticas, constam da Tabela I.

Três variedades texturais de turmalina foram analisadas, compreendendo a de turmalinito maciço das paredes dos condutos, a que substitui silicatos e a que substitui óxidos. O fechamento analítico oscila entre 89-90%, uma vez que Boro não é detectado pela microsonda. As três variedades texturais, no entanto, se resumem a dois tipos composicionais, cujas fórmulas estruturais, como proposto por Rosenberg & Foit (1985) e Deer, Howie & Zussman (1992), compreendem:



A turmalina do Tipo 1 é representativa de turmalinito maciço das paredes dos condutos e a do Tipo 2 é de substi-

Tabela I - Formação Aimbé. Média aritmética de análises química de óxidos dosados por microsonda eletrônica em (i) turmalina, cloritóide e clorita de metahidrotermalitos; (ii) muscovita de metahidrotermalitos e das fadas magnetita e hematita das formações ferríferas, (iii) magnetita de metahidrotermalitos e formações ferríferas (fades magnetita), e (vi) hematita das fades magnetita e hematita das formações ferríferas. N w número de análises

Table I - Aimbé Formation. Arithmetic mean of oxides determined by microprobe analysis in (i) turmaline, chloritoid, and chlorite of the metahydrothermalites; (ii) muscovite of the metahydrothermalites and of the magnetite and haematite facies of the iron formations; (iii) magnetite of the metahydrothermalites and of the iron formations (magnetite facies), and (vi) haematite of the magnetite and haematite of the facies of the iron formations.

N = number of averaged analysis

	Turmalina		Cloritóide	Clorita		Muscovita			Magnetita		Hematita	
	N = 8	N = 6	N = 15	N = 9	N = 15	N = 21	N = 15	N = 15	N = 25	N = 25	N = 15	N = 15
	Tipo 1	Tipo 2		Tipo 1	Tipo 2	Metahidroterm.	F. Magnetita	F. Hematita	Metahidroterm.	F. Ferríferas	F. Magnetita	F. Hematita
SiO ₂	35,15	35,13	23,50	23,37	22,65	47,98	49,86	49,35	0,10	0,12	0,01	0,03
TiO ₂	0,60	0,66	0,02	0,06	0,07	0,21	0,07	0,17	0,04	0,03	1,79	5,19
Al ₂ O ₃	33,98	31,88	39,13	22,27	22,19	37,16	36,13	35,18	0,30	0,29	0,20	0,42
Fe ₂ O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	65,51	64,48	95,39	88,49
Cr ₂ O ₃	0,10	0,11	0,10	-	-	0,11	0,02	0,05	0,27	0,13	0,10	0,18
FeO*	13,72	12,50	25,42	27,44	30,41	2,55	3,69	3,48	29,85	29,25	1,78	5,35
MgO	0,85	3,20	1,55	12,31	9,72	0,38	0,84	0,92	0,01	0,01	0,02	0,01
MnO	-	-	-	0,40	0,38	0,01	-	-	0,06	0,06	-	0,05
CaO	0,06	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ O	0,97	1,74	-	-	-	1,11	1,20	1,07	-	-	-	-
K ₂ O	0,01	0,03	-	-	-	3,40	2,96	3,28	-	-	-	-
BaO	-	-	-	-	-	0,01	0,52	1,78	-	-	-	-
V ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33	0,13	-	-
H ₂ O	3,95	3,94	3,83	10,96	10,72	4,57	4,80	4,56	-	-	-	-
Total	89,38	89,51	94,20	96,82	97,17	97,63	100,03	99,82	96,42	94,49	99,35	99,27
#Si ⁴⁺	5,96	5,94	2,15	2,56	2,54	6,24	6,42	6,37	0,03	0,05	-	-
#Ti ⁴⁺	0,07	0,08	-	-	-	0,02	0,00	0,02	-	-	0,04	0,10
#Al ³⁺	6,74	6,37	3,18	2,87	2,93	5,76	5,47	5,44	0,11	0,12	-	0,01
#Cr ³⁺	0,01	0,01	-	-	-	0,01	-	-	0,07	0,03	-	-
#Fe ³⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	15,69	15,76	1,90	1,77
#Fe ²⁺	1,94	1,74	1,95	2,51	2,85	0,27	0,39	0,38	7,94	7,95	0,05	0,12
#Mg ²⁺	0,21	0,80	0,21	2,01	1,62	0,07	0,16	0,18	-	-	-	-
#Mn ²⁺	-	-	0,05	0,04	0,04	-	-	-	0,02	0,01	0,05	0,01
#Ca ²⁺	0,01	0,05	-	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-
#Na ⁺	0,31	0,55	-	-	-	0,29	0,29	0,28	-	-	-	-
#K ⁺	0,00	0,00	-	-	-	0,67	0,47	0,49	-	-	-	-
#Ba ⁺	-	-	-	-	-	-	0,02	0,09	-	-	-	-
#H ⁺	-	-	2,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-
#OH ⁻	-	-	2,33	8,00	8,01	-	-	-	-	-	-	-
#V ⁵⁺	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	0,03	-	-
Total	15,25	15,25	10,91	17,99	17,99	13,33	13,22	13,24	23,92	23,95	2	2
#O ²⁻	24,50	24,50	14	8	8	22	22	22	32	32	3	3

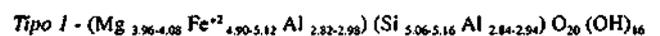
tuição. Ambos tipos pertencem à série Dravita-Schorlita e situam-se próximo ao termo ferrífero Schorlita-Buergerita. Como mostram as fórmulas estruturais e os dados da Tabela I, a turmalina do Tipo 1 difere nas proporções um pouco maiores de Al₂O₃ e FeO* e muito menores de MgO, CaO e Na₂O, comparativamente a do Tipo 2, como esperado pelas respectivas relações texturais.

O cloritóide não apresenta variações composicionais do centro para periferia de um mesmo cristal, bem como entre cristais das zonas onde ocorre. O mineral é, portanto, interna e faciologicamente homogêneo e sua fórmula estrutural, como proposta por Banfield, *et al.* (1989), é:



a qual, combinada com a composição média mostrada na Tabela I, registra que o mineral pertence ao termo rico em FeO, relativamente ao MgO.

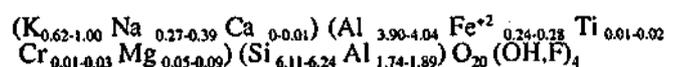
A clorita compreende dois tipos composicionais (Tab. I). Um é representado pela clorita da zona do cloritóide e outro da zona da clorita. As respectivas fórmulas estruturais são:



Segundo a classificação de Foster (1962), ambas caem no campo da ripidolita, intermediária na solução sólida sherdanita-turingita. As fórmulas estruturais, os dados da Tabela I e as figuras 4a e 4b mostram que a primeira é mais rica em MgO e SiO₂ e pobre em FeO*, ocorrendo o inverso com a segunda.

A diferença composicional da clorita da zona do cloritóide e da zona da clorita sugere que os minerais precursores formaram-se sob condições hidrotermais diferentes. É provável que a primeira reflita condições hidrotermais de lixiviação do ferro e álcalis, menos intensa na zona da clorita.

A muscovita (Tab. I) dos metahidrotermalitos tem uma fórmula estrutural expressa por:



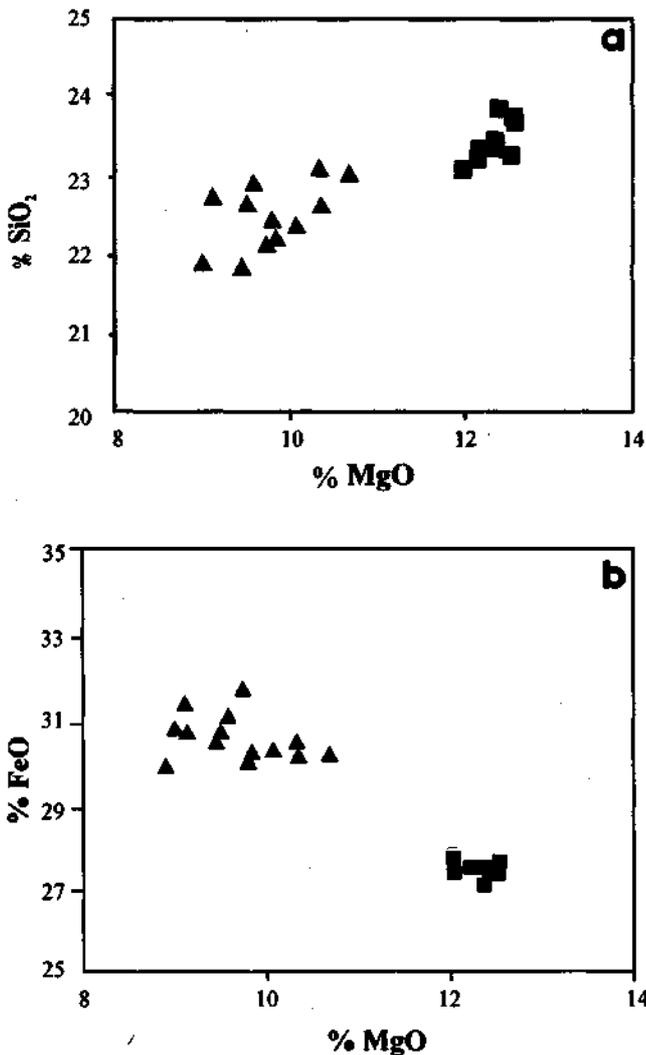


Figura 4 - (a) Diagramas MgO versus SiO₂ e (b) MgO versus FeO de clorita da zona da clorita (▲) e da zona do cloritóide (■) dos metahidrotermalitos da Formação Aimbé, mostrando que a primeira é mais rica em FeO e mais pobre em SiO₂ que a segunda

Figure 4 - (a) MgO versus SiO₂ and (b) MgO versus FeO diagrams for chlorite of the chlorite zone (▲) and of the chloritoid zone (■) of metahydrothermalites of the Aimbé Formation, showing that the former is richer in FeO and poorer in SiO₂ than the later

a qual contrasta com a de ambas fácies das formações ferríferas, cuja fórmula estrutural é:



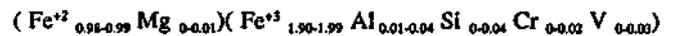
A composição média (Tab. I) e as fórmulas estruturais mostram que a muscovita das formações ferríferas é mais rica em SiO₂, MgO, FeO* e BaO que a dos metahidrotermalitos, mais rica em K₂O, Al₂O₃ e Cr₂O₃. Os diagramas das figuras 5a e 5b distinguem bem as duas variedades em base às proporções de SiO₂ x K₂O e de MgO x FeO, pelo agrupamento das amostras em dois campos, ambos com correlação negativa de K₂O com SiO₂ e positiva FeO com MgO.

As fórmulas estruturais também mostram que, em ambos casos, o Na substitui o K em quantidades consideráveis, indicando significativas proporções da molécula de paragonita na estrutura da muscovita. No sítio octaédrico, o

Al está sendo substituído por Fe, subordinadamente Mg, Ti e Cr.

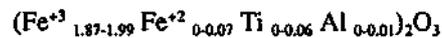
A feição química mais proeminente da muscovita das formações ferríferas é a variação dos teores em BaO (Tab. I) da subfácies com magnetita, onde o óxido ocorre em até 0,8%, para a hematita, onde alcança até 2,5%. A figura 5c mostra que a correlação de TiO₂ com BaO é negativa na muscovita da subfácies com magnetita, mas é invariante na muscovita da subfácies com hematita, por sua vez mais rica em ambos óxidos. Isto indica que o Ti pode estar substituindo o Al na estrutura da muscovita da subfácies hematita. Nos metahidrotermalitos, o BaO, quando presente, ocorre apenas em traço.

A composição química da magnetita da Formação Aimbé permite atribuir-lhe uma fórmula estrutural dada por:

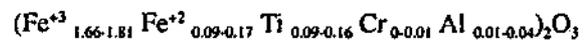


onde as proporções de Fe⁺² e Fe⁺³, quando se trata de óxidos, são automaticamente geradas pela microsonda. A Tabela I mostra que não há diferenças substanciais entre a magnetita dos metahidrotermalitos e das formações ferríferas. Pequenas proporções de Si, Al, Cr e V substituem Fe⁺³, indicando tratar-se de magnetita sem solução sólida com outros espinélios. O fechamento analítico pode estar associado à martitização da magnetita, alterando o balanço de cargas entre Fe⁺² e Fe⁺³.

A composição da hematita (Tab. I) das formações ferríferas da Formação Aimbé admite duas fórmulas estruturais. Na subfácies magnetita, o mineral tem fórmula:



enquanto na subfácies hematita, onde o mineral está em equilíbrio com espinélio, a fórmula é:



e registra proporções ligeiramente menores de Fe⁺³, maiores de Fe⁺², Ti e Al e presença de Cr, relativamente à primeira. Dentre os óxidos, a hematita é o mineral mais sensível a variações composicionais e, como mostra a figura 6, o TiO₂ se correlaciona positivamente com FeO, com enriquecimento gradual de ambos óxidos de uma subfácies para outra.

PETROGÊNESE Metahidrotermalitos A petrogênese dos metahidrotermalitos da Formação Aimbé pode ser discutida a partir de dois estágios principais: (a) estágio hidrotermal, durante o qual formaram-se as paragêneses minerais a partir de rochas do substrato devido à percolação de fluidos hidrotermais, e (b) estágio de metamorfismo, quando houve o re-equilíbrio dos produtos de alteração hidrotermal durante a deformação.

Os condutos exalativos fossilizados sugerem que o fluxo do sistema hidrotermal, próximo da superfície, foi canalizado em espaços abertos. Entretanto, a sistemática associação dos condutos com amplas zonas de alteração hidrotermal também sugerem que o sistema foi suficientemente pressurizado para a sua difusão para o interior das rochas encaixantes, expandindo lateralmente a alteração. As dimensões dos condutos e o volume das formações ferríferas sugerem, no entanto, que o fluxo foi preferencialmente canalizado.

Dados geoquímicos de elementos maiores, menores e em traço de rocha total (Resende *et al.* 1993, Resende 1994) mostram que os metahidrotermalitos são ricos em Fe, Mg, Cr, Ni e outros elementos pesados, sugerindo que o sistema hidrotermal percolou uma seção crustal composta por rochas máficas e ultramáficas, e sedimentares correlatas, subjacente à Formação Aimbé. A intensidade e a amplitude

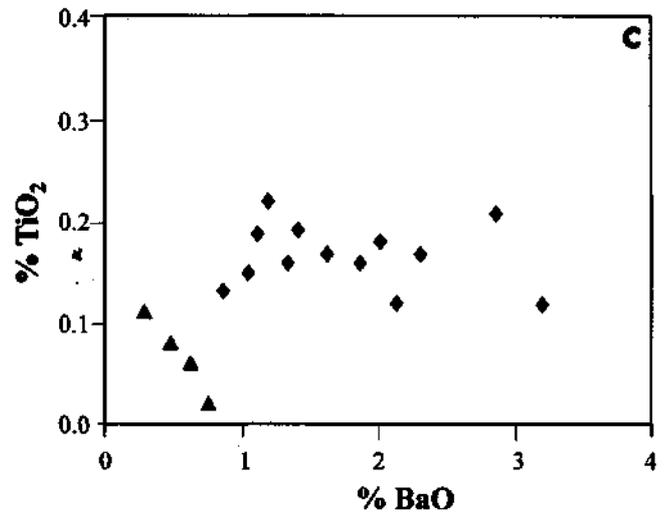
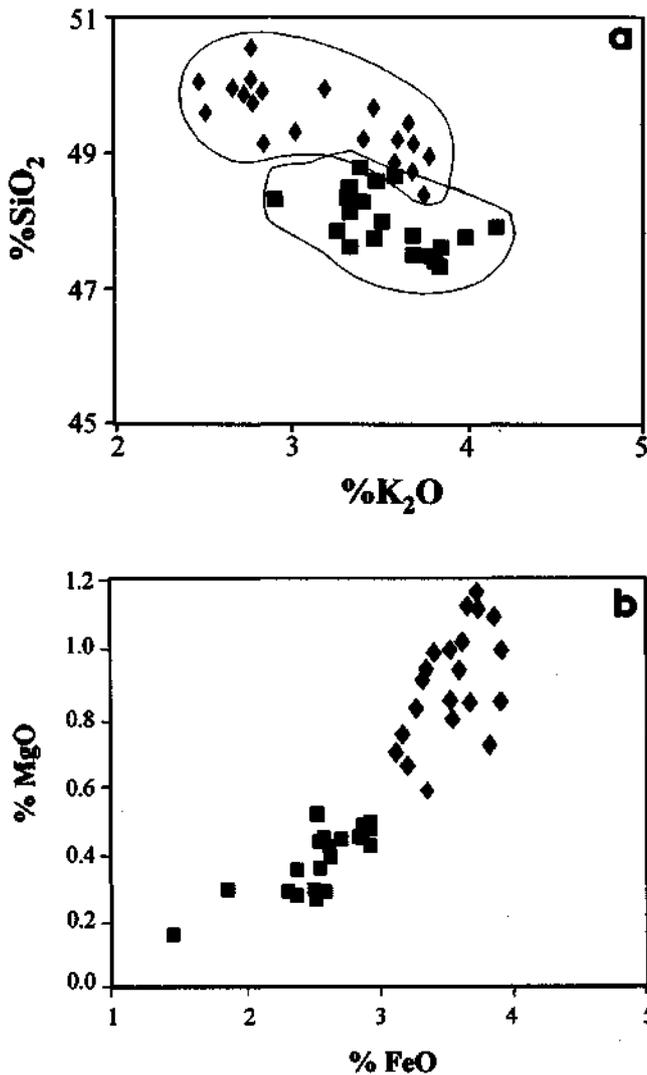


Figura 5 – (a) Diagramas K_2O versus SiO_2 e (b) FeO versus MgO de muscovita das formações ferríferas (◆) e dos metahidrotermalitos (■) da Formação Aimbé, mostrando os trends de variação e que a muscovita dos primeiros é mais rica em K_2O , MgO e FeO que a segunda; (c) diagrama BaO versus TiO_2 de muscovita das sub-fácies magnetita (▲) e hematita (◆), mostrando que a muscovita dos últimos é mais enriquecida em BaO e TiO_2 , e que a correlação entre esses elementos é linear negativa na primeira e aproximadamente invariante na segunda

Figure 5 – (a) K_2O versus SiO_2 and (b) FeO versus MgO diagrams for muscovite of the iron formations (◆) and metahydrothermalites (■) of the Aimbé Formation, showing variation trends and that muscovite of the formers is richer in K_2O , MgO and FeO than of the later; (c) BaO versus TiO_2 diagram for muscovite of the magnetite (▲) and haematite (◆) sub-facies, showing that muscovite of the later is richer in BaO and TiO_2 , and that the elements have a negative linear correlation in the former and is almost unvariant in the later

da alteração hidrotermal indicam que a nucleação das fases minerais resultantes de alteração hidrotermal foi induzida por prolongada residência dos fluidos e elevada razão fluido/rocha.

A associação clorita-corrensita-esmectita-illita é típica de alteração hidrotermal do substrato dos oceanos modernos (Hillier 1993) e onde a clorita se forma preferencialmente na, ou próximo da, interface fluido exalativo/água do mar, a partir de reações envolvendo Fe , Mg e SiO_2 de ambos meios (Carita 1993). Assim, a clorita hidrotermal precursora das espécies metamórficas encontradas nas zonas do cloritóide e da clorita nos exemplos estudados, pode ser explicada mediante a formação direta de clorita durante a alteração ou por reações envolvendo esmectita da série saponita-Fe-saponita.

A ausência de quartzo nos metahidrotermalitos com cloritóide sugere que a formação de cloritóide nas rochas estudadas pode ser justificada, como sugere Ganguli (1969), por reações entre minerais hidrotermais originais, tais como:



o que implica em que os protolitos de alteração hidrotermal da zona do cloritóide, além de peraluminosos, já poderiam conter magnetita.

Quanto à muscovita, Velde (1985) mostra que argilas potássicas de alteração hidrotermal, tais como a illita, podem ser precursoras de muscovita. As elevadas proporções de Na no sítio do K da muscovita dos metahidrotermalitos indica que a mesma pertence à série muscovita-paragonita. A solução sólida illita-bramalita poderia justificar a presença de Sódio nos protolitos e a muscovita metamórfica dos metahidrotermalitos poderia ser explicada pela reação (Winkler 1979):



onde a illita representaria a fração micéica potássica, geralmente referida, em produtos de alteração hidrotermal, como sericita ou hidromica (Güven 1988). Contudo, para gerar termos mais sódicos tais como paragonita, seria necessária uma reação do tipo (Winkler 1979):



mas nenhuma das reações explica a pobreza ou ausência de quartzo nas rochas estudadas, a menos que o sistema de reações metamórficas tenha resultado em uma subsaturação generalizada em SiO_2 .

A disposição zonada dos metahidrotermalitos indica que os respectivos protolitos eram mineralogicamente distintos, provavelmente em resposta a gradientes termais e químicos a partir dos condutos. Apesar de não ser necessário invocar

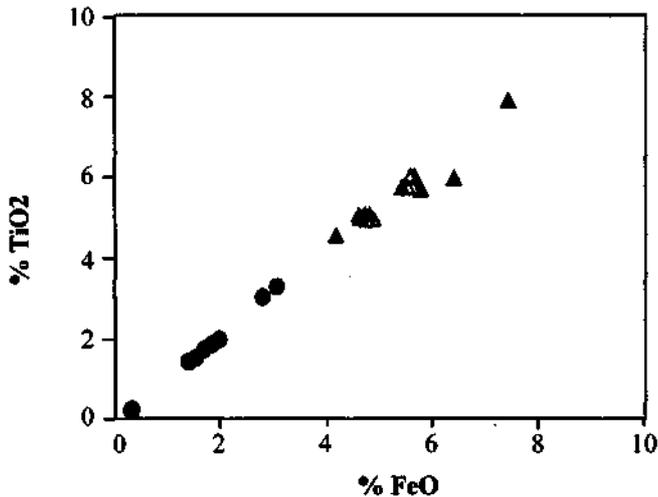


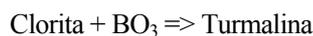
Figura 6 – Diagrama FeO versus TiO₂ de hematita das sub-fácies magnetita (●) e hematita (▲) das formações ferríferas da Formação Aimbé, mostrando correlação linear positiva entre esses elementos e que a hematita da segunda é mais rica em ambos

Figure 6 – FeO versus TiO₂ diagram for haematite of the magnetite (●) and haematite (▲) sub-facies of the iron formations of the Aimbé Formation, showing the positive linear correlation between these elements and that haematite of the later is richer in both elements than the former

diferenças substanciais de temperatura para explicar os argilo-minerais estimados para os protolitos dos diversos halos, as fases potássicas, mais externas, requerem temperaturas menores que as ferromagnesianas, mais internas, particularmente se a ilita original continha moléculas de bramalita (ilita sódica), como sugem Velde (1985) e Guven (1988).

Os dados petrográficos mostram que a turmalina das paredes dos condutos é primária, e*ⁿ contraste com a que extensivamente substitui cloritóide, muscovita e magnetita, e que é produto metamórfico. A coexistência de ambas em domínios justapostos se justifica pela inércia química das paredes monominerálicas dos condutos durante o metamorfismo, em contraste com a reatividade da associação mineral da zona do cloritóide, imediatamente adjacente.

A turmalina hidrotermal pode ser explicada mediante uma reação entre argilominerais ferromagnesianos e fluidos ricos em boro. Borossilicatos como serendibita, harrelsite e reedmergerita, de estabilidade reduzida (Taylor & Slack 1984), podem ser precursores da turmalina, talvez já formada por diagênese. A turmalina metamórfica, no entanto, pode ser explicada por dois processos. Um utilizaria uma turmalina precursora diagenética e sua recristalização durante o metamorfismo. Outro implicaria em reações com liberação de Boro contido em argilominerais, por aumento de temperatura durante o metamorfismo, e a reação



proposta por Henry & Guidotti (1985) poderia justificar a sua formação e as relações texturais observadas.

O metamorfismo de óxidos de ferro depende, em grande parte, da f_{O_2} do sistema (Frost 1991). As paragêneses minerais das diversas zonas de metahidrotermalitos contém magnetita, com ilmenita subordinada. Segundo Melnik (1982) e Frost (1991), um aumento de f_{O_2} em um sistema saturado em magnetita, na presença de ilmenita, conduz à formação de hematita. A ausência de hematita nos hidrotermalitos sugere que a presença de magnetita e ilmenita pode ser devida a flutuações de f_{O_2} por despressurização durante as descargas

hidrotermais, sendo portanto primárias, ou a f_{O_2} do sistema foi mantida abaixo do *buffer* hematita/magnetita + ilmenita durante o metamorfismo, favorecendo as últimas, em virtude da simultânea formação de cloritóide e clorita. Entretanto, em ambos casos há incertezas. No primeiro, a incerteza reside na própria natureza das espécies minerais precursoras das fases metamórficas, ao que se soma o amplo intervalo de temperatura de estabilidade do sistema hematita/magnetita + ilmenita, inibindo a definição da temperatura e da f_{O_2} das soluções hidrotermais. No segundo caso, a incerteza reside nas condições termodinâmicas, experimentalmente desconhecidas, que controlam a estabilidade de magnetita e ilmenita durante o metamorfismo de um sistema que também estabilizou clorita, cloritóide e muscovita.

Formações Ferríferas Na discussão da petrogênese das formações ferríferas deve-se abordar, separadamente, os níveis com magnetita e/ou hematita e os níveis com muscovita.

NÍVEIS FERRÍFEROS Os níveis ferríferos contém a associação magnetita + hematita, em proporções que variam com a altura estratigráfica nas formações ferríferas. Genericamente, a primeira predomina na metade inferior e, a segunda, na metade superior do pacote. Ilmenita ocorre em traços ao longo da coluna.

A hematita não ocorre como fase inteiramente independente, indicando que em nenhum momento foi ultrapassado o *buffer* magnetita-hematita (Fig. 7) e que o sistema foi controlado pelo equilíbrio ilmenita-magnetita primárias. A capacidade da estrutura da hematita para acomodar quantidades significativas de Ti e o enriquecimento gradual em Ti no mineral, da subfácies magnetita para a subfácies hematita, indicam que o mesmo foi estabilizado a f_{O_2} inferiores ao tampão magnetita-hematita, eliminando a Ti-hematita e mantendo o equilíbrio ao longo do *solvus* ilmenita-magnetita.

Todavia, a capacidade de oxidação não se altera significativamente durante o metamorfismo de formações ferríferas, salvo pequenas flutuações, como exemplifica a Formação Aimbé. Se as subfácies com magnetita e com hematita podem ser explicadas por metamorfismo, então a maior f_{O_2} esteve confinada à zona de passagem gradual entre estas. Entretanto, a posição estratigráfica relativa

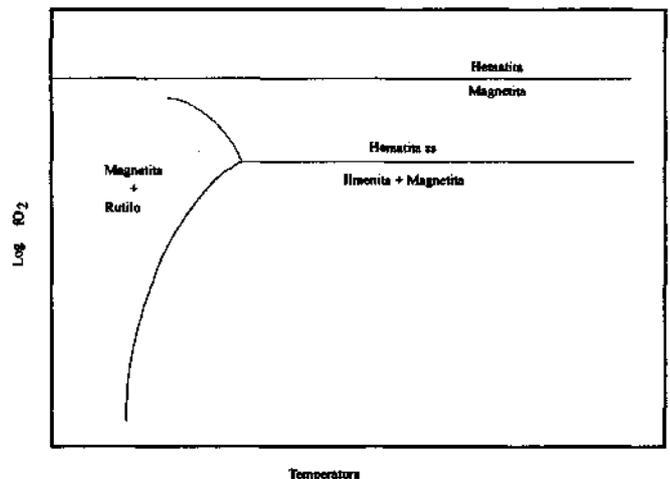


Figura 7 – Diagrama de variação log f_{O_2} versus Temperatura para a faixa de baixa temperatura do sistema Fe-Ti-O (modificado de Frost 1991)

Figure 7 - Variation of log f_{O_2} with temperature for low temperatures in the system Fe-Ti-O (modified after Frost 1991)

entre as duas subfácies, a passagem gradual entre ambas e o aumento progressivo das proporções de Ti na hematita da base para o topo das formações ferríferas sugerem que tanto magnetita quanto hematita são primários e que o ambiente deposicional foi progressivamente mais redutor, o que é corroborado pelo contato gradual entre o topo da subfácies hematita e a base da Formação Cabaçal, sobreposta e composta de uma espessa sequência de filhos carbonosos.

Finalmente, a extensiva martitização da magnetita da Formação Aimbé (Resende 1994), também, é comum em diversas formações ferríferas do tipo Algoma. Floran & Papike (1978) e Melnik (1982) sugerem que a martitização resulta de variações substanciais na f_{O_2} durante o metamorfismo. No entanto, a idêntica oxidação de cristais de magnetita, tanto pré- quanto sin-cinematismo, indica que a martita é supergênica.

NÍVEIS COM MUSCOVITA A mica branca que ocorre nas formações ferríferas estudadas, ora intersticial aos minerais óxidos de ferro, ora em bandas independentes, constitui o principal problema petrológico destas rochas e não há registro de casos similares na literatura. A ausência de quartzo reflete baixas concentrações de sílica durante a deposição e sinaliza condições físico-químicas muito seletivas durante a lixiviação subterrânea ou durante a deposição.

As diferenças geoquímicas entre metahidrotermalitos e formações ferríferas e os contrastes composicionais da muscovita de ambos, opõem-se à hipótese de que o mineral precursor possa ser explicado por uma origem comum. Enquanto a sua presença nos metahidrotermalitos pode ser justificada por argilo-minerais hidrotermais, nas formações ferríferas o mineral precursor da muscovita deve ser de proveniência elástica ou vulcanoclástica.

A presença de mica branca nos metaconglomerados basais da Formação Aimbé e a gradação desses para metafolhelhos extremamente ricos em muscovita, composicionalmente idêntica à das formações ferríferas, suportam uma origem elástica para o mineral. Dados geoquímicos de elementos maiores, menores, em traço e de Terras Raras das rochas metassedimentares detríticas das Formações São Patricinho e Cabaçal (Jost *et al.* 1993, Jost *et al.* 1995), mostram que a composição dos respectivos protolitos pode ser justificada por uma mistura de detritos provenientes de basaltos, komatiitos e rochas félsicas. Este modelo, no entanto, não compatibiliza a abundância de muscovita, a ausência de quartzo e as proporções insignificantes de MgO, CaO, Cr e Ni dos níveis de muscovita das formações ferríferas, em contraste com a abundância de clorita e quartzo e os elevados teores daqueles óxidos e elementos nas rochas metassedimentares detríticos sub- e sobrejacentes à Formação Aimbé.

Os teores elevados de BaO e Na₂O sugerem uma relação da muscovita com feldspatos. Já a assinatura de ETR dos níveis onde o mineral predomina se assemelha com a de trondhjemitos (Resende 1994, Resende & Jost 1994). Estas observações sugerem que o mineral deriva, provavelmente,

da recristalização metamórfica quer de cinza vulcânica, muito rica em uma componente feldspática, ou de um argilo-mineral do grupo da illita resultante da alteração de centros vulcânicos contemporâneos à deposição da Formação Aimbé. Contudo, até o presente, não há registro de rochas vulcânicas félsicas no contexto estratigráfico do Grupo Guarinos (Jost *et al.* 1993), o que dificulta associá-la ao vulcanismo, exceto, talvez, com centros vulcânicos distais, o que justificaria a sua interpretação como de derivação cinerítica.

Qualquer que seja a origem do mineral precursor da muscovita, é necessário conceber um fracionamento entre detritos grossos e finos durante o transporte, com deposição dos últimos em sítios distais, como verdadeiros argilitos, sem quartzo.

CONCLUSÕES Formações ferríferas e lentes de metahidrotermalitos da Formação Aimbé mostram relações mútuas que não podem ser considerados como acidentais, mas que permitem interpretar as primeiras como exalitos resultantes de emanações que alcançaram a superfície ao longo de zonas preferenciais de descarga, fossilizados nos metahidrotermalitos. O engaste das lentes de metahidrotermalitos em metassedimentos da Formação São Patricinho e em metabasaltos da Formação Serra Azul indica que estas unidades alojaram as células do sistema hidrotermal, as zonas de descarga e foram o substrato da deposição da Formação Aimbé. A parcial interdigitação lateral dos metahidrotermalitos com formações ferríferas indica que os centros de descarga eram topograficamente elevados.

As paragêneses minerais das lentes de metahidrotermalitos, caracterizadas pela abundância de aluminossilicatos, exceto muscovita, ricos em ferro, são composicionalmente compatíveis com as observadas nas formações ferríferas, reforçando uma gênese comum para ambas. Apesar da gênese comum, metahidrotermalitos e formações ferríferas se explicam mediante protolitos distintos.

A composição das espécies minerais das diversas zonas dos metahidrotermalitos podem ser explicadas, na ausência de quartzo, por reações metamórficas envolvendo proporções variadas de caolinita, diásporo, magnetita, pírofilita, illita, Na-montmorillonita, albita e mesmo turmalina primária. Contudo, a muscovita das formações ferríferas é composicionalmente incompatível com a dos metahidrotermalitos, sugerindo que o seu material precursor não tem, provavelmente, ligação com as exalações. Os seus teores em K e Ba apontam para materiais mais próximos da composição de feldspatos, provavelmente relacionada com o aporte de cinza vulcânica, simultânea à precipitação dos óxidos e/ou hidróxidos de ferro precursores da magnetita e hematita destas.

Agradecimentos Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pelos recursos financeiros para desenvolvimento desse projeto como parte da Dissertação de Mestrado do autor sênior e pelas Bolsas de Mestrado e de Pesquisa dos autores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- BANFIELD, J.F.; KARABINOS, P. & VELEN, D.R. 1989. Transmission Electron Microscopy of Chloritoid: Intergrow with Sheet Silicates and Reactions in Metapelites. *Amer. Mineralogist*, 74:549-564.
- CARITAT, P.; HUTCHEON, I. & WALSHE, J.L. 1993. Chlorite Geothermometry: A Review. *Clay and Clay Minerals*, 41:219-239.
- DEER, W.A.; HOWIE, R.A. & ZUSSMAN, J. 1992. *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. New York, Longman Scientific & Technical, 696p.
- DANNI, J.C.M. & RIBEIRO, C.C. 1978. Caracterização estratigráfica da sequência vulcano-sedimentar de Pilar de Goiás e de Guarinos, Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978, *Anais...* Recife, SBG, 2:252-269.
- DANNI, J.C.M., JOST, H.; WINGE, M. & ANDRADE, G.F. 1986. Aspectos da evolução dos terrenos granito-greenstone: exemplo da região de Hidrolina, Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34, Goiânia, 1986, A/a/j...Goiânia, SBG, 2:570-584.
- FLORAN, R.J. & PAPIKE, J.J. 1978. Mineralogy and Petrology of the Gunflint Iron Formation, Minnesota-Ontario: Correlation of Compositional and Assemblage Variations at low to Moderate Grade. *Jour. Petr.*, 19:215-288.
- FOSTER, M.D. 1962. Interpretation of the Composition and a Classification of the Chlorites. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 414 A*, 33p.
- FROST, B.R. 1991. Stability of Oxide Minerals in Metamorphic Rocks. *Reviews in Mineralogy, Mineral. Soc. Am.*, 21:469-486.

- GANGULY, J. 1969. Chloritoid Stability and Related Parageneses: Theory, Experiments and Applications. *Amer. Journ. Sci.* 267:910-944.
- GUVEN, N. 1988. Smectites: Reviews in Mineralogy, *Mineral. Soc. Am.*, 19:497-559
- HENRY, D.J. & GUIDOTTI, C.V. 1985. Tourmaline as a Petrogenetic Indicator Mineral: an Example from the Staurolite-Grade Metapelites of NW Maine. *Amer. Mineral.*, 70:1-15.
- HILLIER, S. 1993. Origin, Diagenesis and Mineralogy of Chlorites Minerals in Devonian Lacustrine Mudrocks, Ordovician Basin, Scotland. *Clay and Clay Minerals*, 41:240-259.
- JOST, H. & OLIVEIRA, A.M. 1991. Stratigraphy of the Greenstone belt, Crixás region, Central Brazil. *Jour. of South Amer. Earth Sci.*, 4(3):201-204.
- JOST, H.; KUYUMJIAN, R.M. & SILVA, C.A. 1993. Características Geoquímicas e a Proveniência dos Metassedimentos Arqueanos do Grupo Guarinos, GO. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 4, Brasília, 1993, *Resumos Expandidos*, p. 109-111.
- JOST, H.; RESENDE, M.G. & SILVA, C.A. 1994. Redefinição Estratigráfica e Litológica da Formação Aimbé, Grupo Guarinos, GO. SIMP. GEOL. CENTRO-OESTE, 4, Brasília, 1994, *Resumos Expandidos*, p. 11-14.
- JOST, H.; FIGUEIREDO, A.M.G. & FERREIRA, A.V. 1995. - Elementos em traço e a proveniência elástica na transição de ambiente euxênico para turbidítico em metassedimentos do greenstone belt de Guarinos, Goiás, in SBGq, V Cong. Brasileiro de Geoquímica, Niterói, 1995. *Anais...*, CD-ROM, 4 pgs.
- JOST, H.; VARGAS, M.C.; GUGELMIN, V. & OLIVEIRA, S.R.M. 1989. Seqüência Morro Escuro: uma nova unidade estratigráfica do Arqueano/ Proterozóico Inferior na região de Crixás, Estado de Goiás. *Rev. Bras. Geoc.*, 19(3):283-289
- MEL'NIK, Y.P. 1982. *Precambrian Banded Iron-Formation: Physico-chemical Conditions of Formation*. Amsterdam, Elsevier, 31 Op.
- RESENDE, M.G. 1994. *Geoquímica e Petrologia da Formação Aimbé, Grupo Guarinos, Goiás*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 128p.
- RESENDE, M.G. & JOST, H. 1994. Geoquímica e Química Mineral dos Litotipos da Formação Aimbé, Grupo Guarinos, GO. In: SIMP. BRAS. CENTRO-OESTE, 4, Brasília, 1994, *Resumos Expandidos*, p. 15-17.
- RESENDE, M.G.; JOST, H.; SILVA, C.A.; VIEIRA, A.C. & DA SILVA, C.M. 1993. Aspectos Geoquímicos dos Exalitos da Formação Aimbé, Grupo Guarinos, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 4, Brasília, 1994, *Resumos Expandidos*, p.133-135.
- ROSENBERG, P.E. & FOIT, F.F. 1985. Tourmaline Solid Solutions in the System MgO-Al₂O₃-SiO₂-B₂O₃-H₂O. *Amer. Mineral.*, 70:1217-1223.
- SABOIA, L.A. 1979. Os greenstone belts de Crixás e Goiás, Go. SBG, Núcleo Centro-oeste, *fiio/e//m Informativo* 9, Goiânia, 43-72
- TAYLOR, B.E. & SLACK, J.F. 1984. Tourmalines from Appalachian-Caledonian Massive Sulfide Deposits: Textural, Chemical and Isotopic Relationship. *Economic Geology*, 79:1703-1726.
- VELDE, B. 1985. *Clay Minerals - A Physico-chemical Explanation of their Occurrence: Economic Geology*. Amsterdam, Elsevier, 427 p.
- WINKLER, H.G.F. 1979. *Petrogênese das Rochas Metamórficas*. Edgard Blücher, UFRGS, 256p.

MANUSCRITO A830

Recebido em 24 de fevereiro de 1995

Revisão do autor em 06 de dezembro de 1995

Revisão aceita em 11 de dezembro de 1995