

Geociências

A suíte metatholeiítica da seqüência metavulcanos-sedimentar Rio Manso, Quadrilátero Ferrífero (MG)

(The metatholeiitic suite of the Rio Manso metavolcanosedimentary sequence, Iron Quadrangle (MG))

Resumo

A seqüência metavulcanossedimentar Rio Manso compreende rochas metaultramáficas com intercalações de metamafitos e rochas metassedimentares psamo-pelíticas. Localiza-se no domínio geológico do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais, porção meridional do Cráton São Francisco. O mapeamento litoestrutural (escala 1:10.000) assim como os estudos petrográficos, mineralógicos e litogeoquímicos permitiram identificar, no âmbito dessa seqüência, uma Suíte Metatholeiítica. Em termos geoquímicos, se comparada com outras ocorrências mundiais, a Seqüência Metavulcanossedimentar Rio Manso se assemelha à Seqüência Mesoarqueana de Barbeton. Essa semelhança sugere que a Seqüência estudada corresponde a um terreno granito-*greenstone* que poderia representar a continuidade nordeste do Complexo Metamórfico Campo Belo de idade mesoarqueana.

Palavras-chave: Metaultramafitos, Quadrilátero Ferrífero, seqüência metavulcanossedimentar de Rio Manso, arqueano.

Abstract

The Rio Manso Metavolcanosedimentary Sequence comprises metaultramafic rocks with intercalations of metamafic and psammo-pelitic metasedimentary rocks located in the geologic domain of the Iron Quadrangle in Minas Gerais, southern São Francisco Craton. The litho-structural mapping (1:10,000), as well as petrographic, mineralogical and lithogeochemical studies allowed the identification of a metatholeiitic suite in the range of this sequence. When compared to other world sequences in terms of geochemistry, the Rio Manso Metavolcanosedimentary Sequence is similar to the Mesoarchean Barbeton Sequence. This similarity suggests that the studied Sequence corresponds to a granite-greenstone terrain which may represent the northeastern extension of the Mesoarchean Campo Belo Metamorphic Complex.

Keywords: Metaultramafites, Iron Quadrangle, Rio Manso, metavolcanosedimentary sequence, archaean.

Gorki Pomar Andreatta e
Silva

Departamento de Geologia, Escola de
Minas, Universidade Federal de Ouro
Preto - PPECRN
E-mail: gorkiearth@hotmail.com

Mauricio Antônio Carneiro

Departamento de Geologia, Escola de
Minas, Universidade Federal de Ouro
Preto - PPECRN
E-mail: mauricio@degeo.ufop.br

1. Introdução

Apresentam-se, nesse trabalho, os resultados de um estudo geológico realizado na seqüência metavulcanossedimentar Rio Manso, que compreendeu mapeamento geológico (1:10.000), petrologia, mineralografia e litogeoquímica. Essa seqüência, doravante designada como SMRM, ocorre nas proximidades da cidade de Rio Manso, no domínio geológico do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais (Figura 1) e compreende um cinturão de rochas metaultramáficas com

intercalações de metamafitos e metassedimentos de natureza psamo-péltica.

O conhecimento geológico acerca da SMRM é escasso, destacando-se o trabalho de Pinheiro (1998), que relata a existência de rochas vulcânicas (com e sem textura *spinifex*) e a presença de derrames maciços e acamadados, com variadas texturas e estruturas ígneas. Tectonicamente, a SMRM está inserida no contexto do Cráton São Francisco Meridional e compreende: 1) uma crosta

estabilizada no Neoarqueano (e.g. Complexo Metamórfico Campo Belo); 2) seqüências supracrustais arqueanas (Supergrupo Rio das Velhas - Dorr II, 1969; Schorscher et al., 1982, Ladeira, 1980, 1981, 1988) e 3) seqüências supracrustais proterozóicas (e.g. Supergrupo Minas - Dorr II, 1969). O Supergrupo Rio das Velhas é uma seqüência metavulcanossedimentar do tipo *greenstone belt*, constituída, da base para o topo, pelos grupos Quebra Ossos, Nova Lima e Maquiné (Dorr II, 1969, Schorscher et

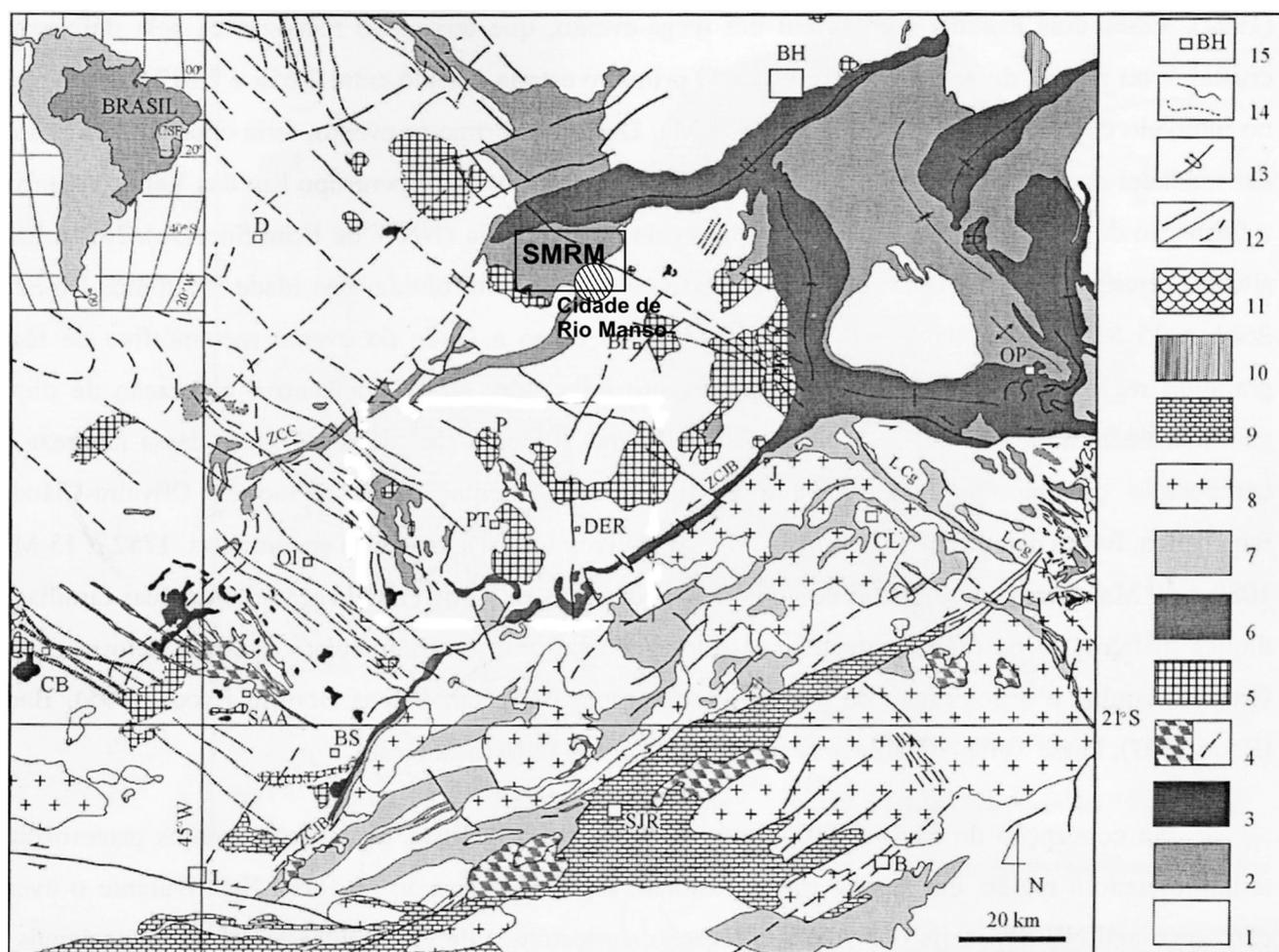


Figura 1 - Geologia da porção meridional do Cráton São Francisco, modificado de Campos (2004). 1 = Terrenos Arqueanos e Paleoproterozóicos Indiferenciados; 2 = Seqüências *greenstone* arqueanas [Supergrupo Rio das Velhas e Correlatos]; 3 = Suítes Máfico-Ultramáficas [Ribeirão dos Motas e Correlatos]; 4 = Rochas Gabróbicas e Dioríticas Indiferenciadas; 5 = Granitóides Arqueanos, 6 = Supergrupo Minas; 7 = Seqüências tipo *greenstone* indiferenciadas (Proterozóico); 8 = Granitóides Proterozóicos; 9 = Grupos São João del-Rey e Andrelândia; 10 = Supergrupo Espinhaço, e 11 - Cobertura Cratônica Indivisa; 12 = Falhas e Lineamentos (ZCC – Zona de Cisalhamento Cláudio, ZCJB – Zona de Cisalhamento Jeceaba-Bom Sucesso, LCg – Lineamento Congonhas); 13 = Eixos de Dobras; 14 = A) Traço das Foliações Regionais, B) Contatos Geológicos; 15 = Cidades: B) Barbacena, Bf) Bonfim, BH) Belo Horizonte, BS) Bom Sucesso, CB) Campo Belo, CL) Conselheiro Lafaiete, D) Divinópolis, DER) Desterro de Entre Rios, L) Lavras, OI) Oliveira, OP) Ouro Preto, PT) Passa Tempo, SAA) Santo Antônio do Amparo, SJR) São João del-Rey. SMRM – Área de ocorrência da Seqüência Metavulcanossedimentar Rio Manso.

al., 1982, Ladeira, 1980, 1981, 1988). O principal evento tectônico imposto a essa seqüência é do Neoarqueano e teve lugar à volta de 2,78 Ga (Machado & Carneiro, 1992). Com relação à ocorrência de ultramafitos na região, Harder e Chamberlain (1915) foram os pioneiros na caracterização desses litotipos no Quadrilátero Ferrífero, que, posteriormente, foram classificados em tipos intrusivos e extrusivos (Maxwell, 1972). Schorscher (1978) identificou texturas *spinifex* nos ultramafitos extrusivos, classificando-os como lavas metalumáticas komatiíticas e propondo a sua inclusão, juntamente com os metabasaltos e metassedimentos, na base do Supergrupo Rio das Velhas. Com isso, formalizou-se o Grupo Quebra Ossos (Sichel & Valença, 1983). Regionalmente citam-se, também, os metalumafitos do Córrego dos Boiadeiros (Gair, 1962, Pomerene, 1964, Padilha, 1984, Padilha et al., 1985, 1991, Costa, 1995); Tinguá-Caeté (Souza Filho 1991, Oliveira, 1986); Lafaiete (Pires, 1977; Schorscher et al., 1982; Seixas, 1988); Itaguara (Goulart, 2006), Ribeirão dos Motas (Carneiro, 1966, Carneiro et al., 1997, Oliveira, 1999, Carvalho Jr., 2001; Oliveira, 2004, Fernandes, 2001); Itapeçerica (Oliveira, 1999); Cláudio (Couto 2004; Couto & Carneiro, 2007); Morro das Almas (Quémeñeur & Baraud 1983; Barbosa et al., 1996). O Complexo Metamórfico Campo Belo configura-se como um segmento de crosta siálica que possui numerosas ocorrências de rochas ultramáficas contendo feições plutônicas e regionalmente correlacionadas à Sequência Acamadada Ribeirão dos Motas. Esse complexo se diferencia do Complexo Metamórfico Barbacena pela presença de granitóides cisalhados, enclaves anfibolíticos, enxames de diques máficos e plútons máficos não acamadados (Machado Filho et al., 1983). Por outro lado, o Complexo Metamórfico Barbacena apresenta metatexitos com paleossomas de xistos básicos e ultrabásicos e neossomas granodioríticos de idade arqueana, porém retrabalhados parcialmente pelo ciclo transamazônico. Além disso, charnockitos, anfibolitos, magnetitos e gnaisses facoidais possuem ocorrência restrita nesse complexo. As-

sim sendo, Teixeira et al. (1996) denominaram de Complexo Metamórfico Campo Belo toda a crosta siálica a oeste do Complexo Metamórfico Bonfim na região do Quadrilátero Ferrífero, de forma a diferenciar duas grandes crostas arqueanas de história evolutiva polifásica.

2. Materiais e métodos

O mapeamento geológico e os estudos petrográficos, minerográficos, petrológicos e litogeoquímicos realizados na SMRM abarcaram, além da área estudada por Pinheiro (1998), a continuidade setentrional dessa seqüência, localizada a oeste da sede da cidade de Rio Manso (Figura 1). No caso dos estudos litogeoquímicos, antecedendo a preparação propriamente dita das amostras em laboratório, alguns procedimentos foram realizados no campo. Para evitar contaminação do material a ser analisado, as crostas intemperizadas, ou porções inadequadas, foram removidas a golpes de marreta. Na impossibilidade dessa remoção *in situ*, utilizou-se, em laboratório, de uma serra circular diamantada para fatiar e remover as porções isentas de intemperismo, que foram, então, cominuídas, quarteadas, pulverizadas e armazenadas em pequenos pacotes lacrados de 50 g. As análises litogeoquímicas foram realizadas pela ACME ANALYTICAL LABORATORIES LTD. que, após, o processo-padrão de abertura das amostras com base em ataque ácido e fusão alcalina, realizou as análises litogeoquímicas para elementos maiores via ICP-ES e traços via ICP-MS (elementos maiores em porcentagem em peso) e traços em partes por milhão. Os limites de detecção são da ordem de 0,01% para óxidos e de 0,1 ppm para elementos-traço e 0,01 para REE. No tratamento dos dados litogeoquímicos, utilizou-se o *software* MINPET 2.0, a partir de tabelas geradas em Microsoft EXCEL.

3. Resultados

Constatou-se que, nos domínios da SMRM, afloram, principalmente, metalumfanitos formados por tipos texturais

e estruturais diversos (Figura 2), destacando topos enrugados pelo arrefecimento brusco de magmas viscosos e truncamentos vulcânicos (Figura 2C). Numerosos afloramentos exibem acamamentos ígneos destacados pela ação deutérica seletiva, que é mais pronunciada nos níveis peridotíticos e piroxeníticos, geralmente situados na base e no topo dos derrames. Os acamamentos ígneos podem ser facilmente caracterizados através da textura e granulação dos minerais, sendo confirmados pela presença de sulcos (depressões) e protuberâncias, referentes às partes basais e de topo dos derrames, respectivamente. Nos metalumfanitos, o acamamento é irregular, devido ao resfriamento rápido, mas, nos metalumfanitos, é perfeitamente plano. Quanto às texturas, destacam-se a cumulática, que nos derrames configura-se como um nível basal de peridotito, e o nível de topo mais piroxenítico, que pode conter as texturas: *spinifex* (Figuras 2A e 2B); brechas de topo e textura vítrea ou amorfa. Tais feições texturais permitem obter informações geotermiais. Adicionalmente relata-se a presença de fraturas de resfriamento e, ainda, tubos de lava circundados por almofadas e auréolas de textura *spinifex*, pequenos *plugs* circundados por junções poliédricas, além de derrames maciços correlacionadas aos tipos petrográficos “b” e “c” de Arndt et al. (1977). O tipo “b” apresenta peridotito maciço na base com feição isotrópica, uma zona intermediária delgada com textura *spinifex* e uma zona de topo com textura vítrea, brechas de topo e enrugamentos. O tipo “c” apresenta uma espessa porção basal de peridotito maciço e uma delgada zona de topo com textura vítrea, brechas de topo e enrugamentos.

Originalmente, Pinheiro (1998) englobou esses litotipos na suíte metakomatiítica. Todavia, introduz-se, agora, uma nova suíte, caracterizada petrograficamente por augita-xistos e clorita-xistos. Os augita-xistos se diferenciam dos clorita-xistos por sua granulação grossa e ripas de piroxênio com clivagem

basal em seção delgada. Ambos possuem teor de MgO ligeiramente inferior a 10%, revelando uma gênese compatível com a série tholeiítica. Em diagramas ternários AFM, as rochas dessa suíte revelam uma composição química compatível com a Série Tholeiítica (Andreatta e Silva 2008), tratando-se, portanto, de Mg-metatholeiítos e, doravante, esses litotipos serão englobados na suíte metatholeiítica. Quimicamente, essa suíte é caracterizada por um conteúdo de MgO menor que 12%, com TiO₂ menor que 2,4% e baixas razões FeO/MgO (Andreatta e Silva, 2008). Utilizando-se do padrão terras raras (Figura 3, Tabela 1), é possível distinguir, com clareza, as suítes metakomatiítica e metatholeiítica da SMRM. Essas suítes mostram padrões de fracionamento similar, mas a série metatholeiítica tem um padrão mais enriquecido. Essas características também estão expressas em outros diagramas geoquímicos (e.g. SiO₂ x MgO, Zr x TiO₂; Andreatta e Silva, 2008). Localmente, os metatholeiítos basais apresentam até 2% em sulfetos, que, estudados sob luz refletida (Andreatta e Silva, 2008), revelaram a ocorrência de três fases de cristalização seqüenciais. A fase 1 apresenta magnetita envolvida por pirrotita. Na fase 2, a pirita envolve a pirrotita e, na fase 3, a calcopirita envolve a pirita.

4. Discussão

4.1 Aspectos petrográficos e minerográficos gerais da SMRM

A inexistência de lavas almofadadas na suíte metatholeiítica da SMRM implica, necessariamente, condições de terras emersas pela ascensão vertical da pilha vulcânica. Outra possibilidade implicaria recuo do nível do mar, no qual a quebra de relevo, entre a plataforma continental e o sopé do talude continental, causaria um entulhamento de sedimentos grosseiros gerados em alta energia. Nesse caso, rochas conglomeráticas seriam preservadas na SMRM, fato, porém, não observado. Por outro lado, os

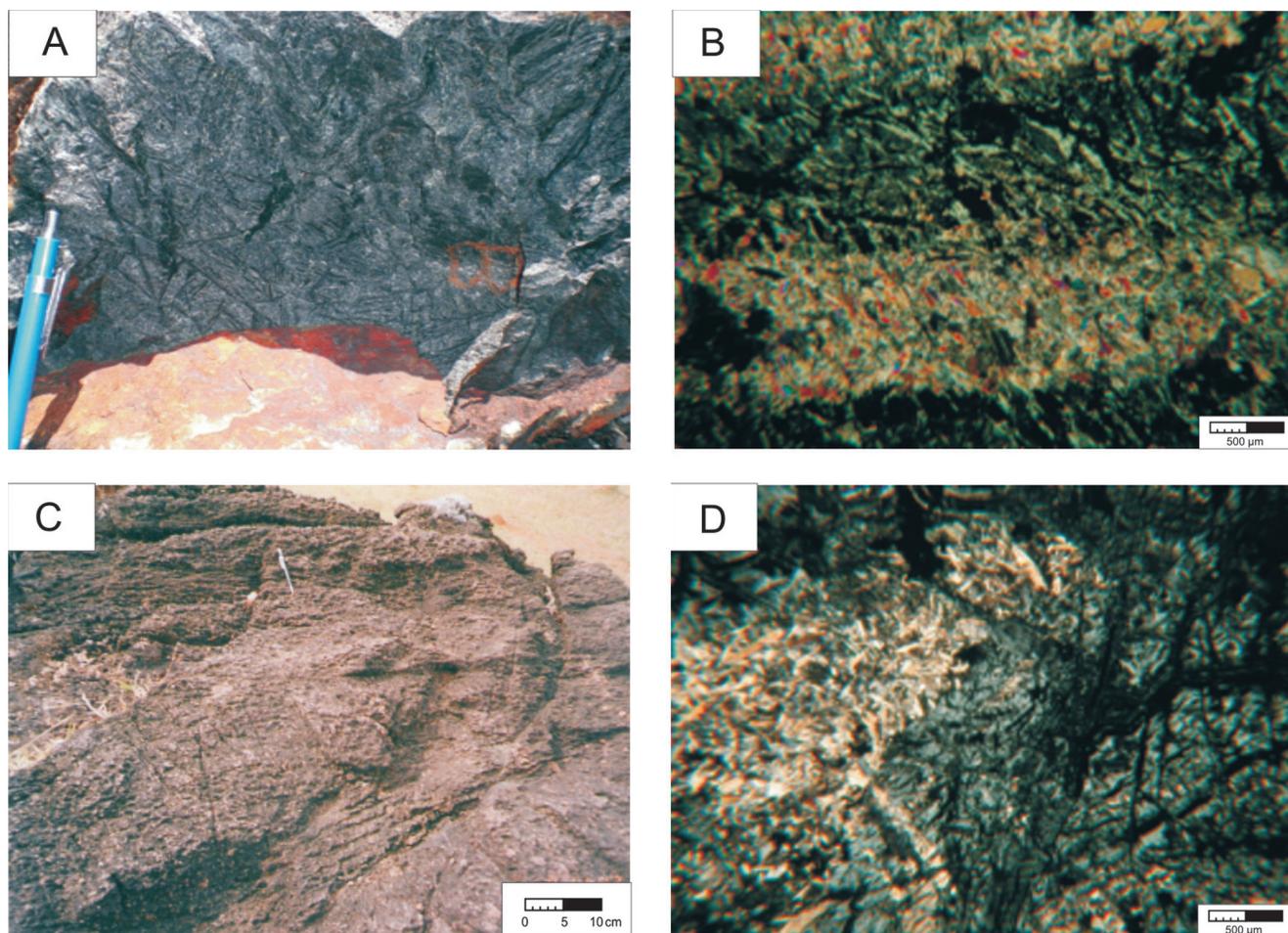


Figura 2 - Algumas feições macroscópicas e microscópicas da SMRM. A) Metaltramafito exibindo textura *spinifex*; B) Metaltramafito com textura *spinifex*, calcificado, exibindo transformações para serpentina, opacos e anfibólios; C) Afloramento exibindo truncamento de derrame em regime de extravasamento contínuo; D) Metaltramafito com textura *jack-straw* formando polígonos fechados devido ao metamorfismo seletivo com a formação de trilhas de antofilita entre serpentina e opacos.

litotipos estudados da SMRM exibem texturas cumuláticas atribuídas a extravasamento contínuo contendo truncamentos, que revelam a ocorrência de diversos canais alimentadores. Esses canais transicionam para derrames maciços com extravasamento contínuo de derrames magnesianos com textura *spinifex*, típicos dos derrames basais de *greenstone belts*. Analisando em separado a base da pilha vulcânica metatholeiítica com cerca de 65 derrames e 50 metros de espessura, encontram-se litotipos de textura fanerítica além de certa planaridade no acamamento como efeito de um aumento da viscosidade (McBirney & Hunter, 1995), que poderia indicar um certo potencial metalogenético para a formação de sulfetos em rede. Contudo a SMRM não possui sedimentos sulfurosos interderrames e, além disso, a porcentagem de minerais sulfetados é pequena (2%), indicando que a seqüência pode ser insaturada em enxofre. Se fosse assim, não teria ocorrido a segregação de fases sulfetadas significativas (Leshner et al., 2001), ou, ainda, tais fases poderiam ter migrado, gerando um minério disseminado e/ou trapeado no decorrer dos eventos durante e/ou após a formação da SMRM.

4.2 Aspectos litogeoquímicos da SMRM

De acordo com Arndt & Nisbet (1982), uma suíte tholeiítica é caracterizada, invariavelmente, por conteúdos de MgO inferiores a 7%. Somente os cumulos piroxeníticos de Munro Township, referentes ao clã dos basaltos komatiíticos, possuem MgO acima de 15,5% (Arndt et al., 1977). Por outro lado, Munro Township se caracteriza por um substrato formado por basaltos tholeiíticos com uma porcentagem de MgO ligeiramente inferior a 10% MgO (Arndt et al., 1977). Esses basaltos tholeiíticos, no entanto, contêm plagioclásio, mineral que, por sua vez, está ausente nas rochas da SMRM. Assim, de acordo com Andreatta e Silva (2008), o comportamento geoquímico da SMRM permite concluir que os metakomatiitos e metatho-

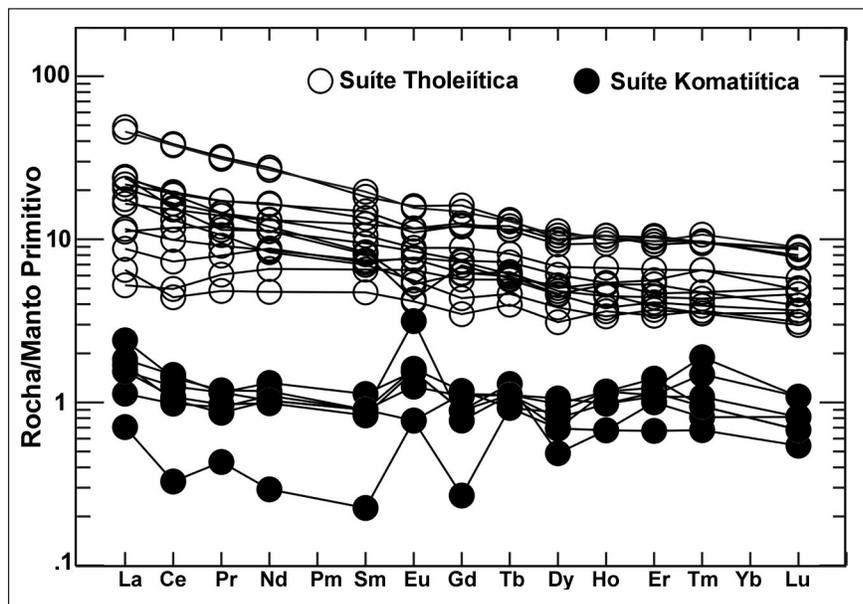


Figura 3 - Padrão de REE (normalizado pelo manto primitivo de McDonough et al., 1992) das Suítes Metakomatiítica e Metatholeiítica da SMRM, exibindo o fracionamento magmático e o aspecto cogenético das suas rochas.

leiitos possuem uma gênese comum e distribuição areal associada, ou seja, o fracionamento e a assimilação crustal do magma komatiítico primordial geraram os basaltos tholeiíticos de *greenstone*, permitindo, assim, caracterizar um ciclo vulcânico intermediário, na SMRM, como produto de intensa assimilação crustal. (Tabela 1).

5. Conclusões

Apesar de Pinheiro (1998) ter considerado dois grupos de rochas na suíte metakomatiítica (com e sem textura *spinifex*), constatou-se que a grande maioria dos metaultramafitos estudados não apresenta tais texturas. Quando presentes, as texturas *spinifex* reliquias (Figura 2B) são representadas por placas de olivina serpentinizada contendo trilhas de opacos. É notável a diferença entre as texturas *spinifex* em amostra de mão e em lâmina. Isso se deve à presença de trilhas de ortoanfóbio e serpentina. No caso específico da olivina serpentinizada, foram encontrados pseudomorfos de olivinas placosas e poliédricas na SMRM. Nas amostras onde ocorrem os pseudomorfos de olivina placosa, com trilhas de opacos em seu interi-

or, destaca-se também a ocorrência da textura pega-varetas (ou *jack-straw*), cujos ramos formam polígonos fechados (Figura 2D). Os pseudomorfos de olivina poliédrica são caracterizados por cristais equidimensionais e tabulares, idióblásticos, sem embainhamento. Em termos geoquímicos, se comparada com outras ocorrências mundiais, a SMRM se assemelha à seqüência de Barbeton, ou seja, seria fracionada regionalmente pela existência de uma superpluma e encaixada em uma crosta siálica primitiva. Essa seria a única explicação plausível para a suíte metatholeiítica da SMRM, fato que muito se diferencia de ciclos vulcânicos completos, comuns em *greenstones* superiores encaixados em crostas siálicas empobrecidas, como é o caso do *greenstone belt* Rio das Velhas. Assim, a ocorrência da suíte metatholeiítica na SMRM, que, microscopicamente, não possui plagioclásio, reforça a correlação com as séries tholeiíticas da região das montanhas de Barbeton, mais precisamente com o Cinturão Pietersburg (Grobler, 1972; Hart & Brooks, 1977; Jensen & Pyke, 1982). Por outro lado, se a SMRM tivesse correlação com ocorrências *greenstones* mais recentes haveria a repetição de ciclos vulcânicos

Tabela 1 - Composição química em termos de REE de rochas das Suítes Metakomatiítica e Metatholeítica da SMRM.

Amostras	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Lu
SUÍTE METATHOLEÍTICA													
54 FE 72	8.2	18.2	2.54	11.7	3.3	1.27	3.71	0.64	3.41	0.86	2.54	0.35	0.37
54 EB 02	7.9	21.6	3.32	15.3	4.2	1.42	4.41	0.78	4.47	0.88	2.69	0.48	0.36
54 EB 11	12.5	24.1	2.95	11.4	3.1	0.94	2.59	0.5	2.82	0.55	1.77	0.26	0.26
54 EE 54	34.5	70.4	8.92	37.6	8.1	2.69	9.61	1.42	7.38	1.71	4.44	0.71	0.59
54 EB 05A	16.7	35.7	4.79	22.3	6.6	1.96	7.46	1.23	6.86	1.54	5.03	0.71	0.65
54 EB 05	15.4	35	4.77	22.7	6	1.85	7.23	1.3	7.27	1.71	4.92	0.7	0.64
54 FE 85	11.7	27.9	3.88	17.9	5.5	1.95	7.13	1.24	8.28	1.62	4.67	0.72	0.57
54 FC 13A	6.2	13.4	2.21	12	3.2	1.3	4.33	0.66	3.71	0.88	2.23	0.35	0.29
54 FC 13B	3.7	9.1	1.69	9	2.9	1.09	3.37	0.61	3.37	0.62	1.97	0.29	0.27
54 FE 04	4.6	8.1	1.34	6.5	2.1	0.7	2.07	0.43	2.29	0.59	1.63	0.27	0.23
54 EE 52	32.4	69.1	8.66	36.4	8.7	2.62	8.78	1.39	7.78	1.72	4.65	0.79	0.66
54 DD 09	17	28.5	3.18	15.4	3.6	0.72	4.12	0.62	3.85	0.75	1.87	0.26	0.22
54 FB 02	17.1	34.3	4.04	16.3	3.7	0.89	3.66	0.68	3.55	0.73	2.12	0.32	0.34
SUÍTE METAKOMATIÍTICA													
54 FE 58B	1.3	2.7	0.32	1.8	0.5	0.26	0.53	0.14	0.36	0.11	0.48	0.06	0.06
54 FE 22	0.5	0.6	0.12	0.4	0.1	0.13	0.16	0.1	0.51	0.11	0.32	0.05	0.04
54 FD 63	1.7	2.6	0.33	1.6	0.4	0.13	0.67	0.12	0.72	0.19	0.53	0.11	0.08
54 FE 105	0.8	1.8	0.26	1.5	0.4	0.21	0.65	0.12	0.51	0.19	0.59	0.14	0.08
54 FE 71	1.1	2.3	0.32	1.4	0.4	0.53	0.46	0.12	0.78	0.16	0.55	0.07	0.05
54 FE 58A	1.2	1.9	0.24	1.4	0.4	0.27	0.7	0.1	0.64	0.19	0.67	0.07	0.05

completos e até mesmo conglomerados de topo, feições ausentes em *greenstones* intermediários. Conseqüentemente, devido ao posicionamento do Supergrupo Rio das Velhas como seqüência *greenstone* superior do Neoarqueano, a presença da SMRM no âmbito do Quadrilátero Ferrífero remete à continuidade geológica do Complexo Metamórfico Campo Belo até essa região, sob a forma de um terreno granito-greenstone do Mesoarqueano como argumentado por vários autores (e.g. Barbosa et al., 1996; Carvalho Jr., 2001; Couto, 2004; Fernandes, 2001; Oliveira, 1999; Oliveira, 2004; Quéméneur & Baraud, 1983). Finalmente, com rela-

ção ao potencial econômico mineral, essa ocorrência seria, aparentemente, estéril em sulfetos maciços vulcanogênicos, devido à existência de disseminação basal na pilha tholeiítica. Todavia, ocorrendo ou não níveis sulfetados em rede ou maciços na SMRM, são necessários estudos mais detalhados sobre esse assunto.

6. Referências bibliográficas

ANDREATTA E SILVA, G. P. *A seqüência metavulcanossedimentar arqueana Rio Manso, Complexo metamórfico Campo*

Belo Setentrional, MG. Ouro Preto: Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2008. 89p. (Dissertação de Mestrado).

ARNDT, N. T., NALDRETT, A. J., PYKE, D. R. Komatiitic and iron-rich tholeiitic lavas of Munro Township, Northeast Ontario. *Journal of Petrology*, v. 18, p. 319-69, 1977.

ARNDT, N. T., NISBET, E. G. *Komatiites*. London: George Allen & Unwin, 1982. 526p.

BARBOSA, M. I. M., PIRES, F. R. M., NILSON, A. A. Geologia do Complexo Ultramáfico Morro das Almas, Região de Bom Sucesso e Ibituruna, MG. In: CONGR. BRAS. GEOL., 39. *Anais...* Natal: SBG, 1996. p. 209-211.

- CARNEIRO, M. A. *O complexo metamórfico Bonfim Setentrional - Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: litoestratigrafia e evolução geológica de um segmento de continental do arqueano*. São Paulo: Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1992. 233p. (Tese de Doutorado).
- CARNEIRO, M. A., TEIXEIRA, W., NALINI JR., H. A., BILAL, E., OLIVEIRA, A. H., CARVALHO JR., I. M. Archean ultramafic-mafic magmatism in the southern São Francisco Craton, Campo Belo Complex: preliminary petrographic and geochemical results. In: SYMPOSIUM OF ARCHEAN TERRANES OF THE SOUTH AMERICAN PLATFORM. *Extend Abstracts...* Brasília: SBG, 1966. p. 32-33.
- CARNEIRO, M. A., NALINI JR, H. A., BILAL, E., CARVALHO JR, I. M., TEIXEIRA, W., MOUTTE, J. A seqüência Acamadada de Ribeirão dos Motas, Minas Gerais, Brasil. In: SEMANA DE GEOQUÍMICA, 10, CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 4. *Actas...* Braga: 1997. v. 1, p. 31-33.
- CARVALHO Jr., I. M. *Petrologia e geoquímica de rochas máficas e ultramáficas arqueanas do Cráton São Francisco Meridional: a Seqüência Acamada Ribeirão dos Motas, Minas Gerais*. Ouro Preto: Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2001. 97p. (Dissertação de Mestrado).
- COSTA, C. S. *Petrogênese do corpo metaultramáfico do Córrego dos Boiadeiros, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, MG*. Belo Horizonte: IGC, Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. 172p. (Dissertação de Mestrado).
- COUTO, D. J. F. *Petrogênese dos metaultramafitos e mafitos da região de Cláudio (MG)*. Ouro Preto: Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2004. 173p. (Dissertação de Mestrado).
- COUTO, D. J. F., CARNEIRO, M. A. The Genesis Of The Metaultramafites From Cláudio (Mg). *Geochimica Brasiliensis*, v. 21, p. 9-21, 2007.
- DORR, J. V. N. *Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil*. Ouro Preto: DNPM/USGS, 1969. Professional Paper, 110p. (Boletim 641).
- FERNANDES, R. A. *Etapas de formação de crosta continental do mesoarqueano ao mesoproterozóico no Cráton São Francisco Meridional*. Ouro Preto: Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2001. 127p. (Dissertação de Mestrado).
- GAIR, J. E. *Geology and ore deposits of the Nova lima and Rio Acima Quadrangles, Minas Gerais, Brazil*. Ouro Preto: DNPM/USGS, 1962. Professional Paper, 111p. (Boletim 341-A).
- GOULART, L. E. A. *A seqüência acamadada Itaguara - Rio Manso, MG*. Ouro Preto: Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2006. 183p. (Dissertação de Mestrado).
- GROBLER, N. J. *The geology of the Pietersburg greenstone belt*. Bloemfontein: University of the Orange Free State, 1972. 201p. (D.Sc. thesis).
- HARDER, E. C., CHAMBERLAIN, R. T. Geology of Central Minas Gerais, Brazil. *Journal of Geology*, v. 23, p. 341-378, 1915.
- HART, S. R., BROOKS, C. The geochemistry and evolution of Early Precambrian mantle. *Contrib. Mineral. Petrol.*, v. 61, p. 109-128, 1977.
- JENSEN, L. S., PYKE, D. R. Komatiites in the Ontario portion of the Abitibi belt. In: ARNDT, N.T., NISBET, E.G. (ed.). *Komatiites*. London: George Allen & Unwin, 1982. cap. 11, p. 147-157. 526p.
- LADEIRA, E. A. Primeiras lavas com almofadas (pillows) encontradas no Supergrupo Rio das Velhas, de idade arqueana, no Quadrilátero Ferrífero e no Distrito de Pitangui, Minas Gerais. *Revista Ciências da Terra*, v. 1, p. 12-14. 1981.
- LADEIRA, E. A. *Metallogenesis of gold at the Morro Velho mine, and in Nova Lima district, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, MG*. Ontario: Univ. of Western Ontario, 1980. 274p. (Ph.D. Thesis).
- LADEIRA, E. A. Metalogenia dos depósitos de ouro do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: SCHOBENHAUS, C., COELHO, C. E. S. (ed.). *Principais depósitos minerais do Brasil. Metais básicos não ferrosos, ouro e alumínio*. Brasília: DNPM, v. 3, cap. 25, p.301-375, 1988. 674p.
- LESHER, C. M., BURNHAM, O. M., KEAYS, R. R., BARNES, S. J., HULBERT, L. Trace-element geochemistry and petrogenesis of barren and ore associated komatiites. *Canadian Mineralogist*, v. 39, p. 673-696, 2001.
- MACHADO FILHO, L., RIBEIRO, M. W., GONZALEZ, S. R., SCHENINI, C. A., SANTOS NETO, A., PALMEIRA, R. C. B., PIRES, J. L., TEIXEIRA, W., CASTRO, H. E. F. *Projeto RADAMBRASIL Folha SF.23/24*, 1983. Rio de Janeiro/Vitória. 278p. (Boletim. 32).
- MACHADO, N., CARNEIRO, M. A. U-Pb Evidence of late Archean tectonothermal activity in Southern São Francisco Shield, Brazil. *Can. Jour. Earth Sci.*, v. 29, p. 2341-2346, 1992.
- MAXWELL, C. H. *Geology and ore deposits of the Alegria District, Brazil*. Washinton: DNPM/USGS, *Professional Paper*, 1972. 72p. (Boletim 341 - I).
- McBIRNEY, A. R., HUNTER, R. H. The Cumulate Paradigm Reconsidered. *The journal of Geology*, v. 103, p. 114-122, 1995.
- McDONOUGH, W. F. et alii. K, Rb and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth's mantle. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 56, n. 3, p. 1001-1012, 1992.
- OLIVEIRA, O. A. B. As falhas de empurrão e suas implicações na estratigrafia e metalogênese do Quadrilátero Ferrífero. In: CONGR. BRAS. GEOL., 34. *Anais...* Goiânia: SBG, 1986. v. 2, p. 1074-1087.
- OLIVEIRA, A. H. de. *Evolução tectônica de um segmento crustal arqueano do Cráton São Francisco Meridional*. Ouro Preto: Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 1999. 104p. (Dissertação de Mestrado).
- OLIVEIRA, A. H. *Evolução de um fragmento do Cráton São Francisco Meridional com base em aspectos estruturais, geoquímicos (rocha total) e geocronológicos (Rb-Sr, Sm-Nd, Ar-Ar, U-Pb)*. Ouro Preto: Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, 2004. 136p. (Tese de doutorado).
- PADILHA, A. V. Formação Córrego dos Boiadeiros - uma seqüência komatiítica na base do Supergrupo Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: CONGR. BRAS. GEOL., 33. *Anais...* Rio de Janeiro: SBG, 1984. v. 6, p. 2668-2679.
- PADILHA, A. V., SILVA, J. R., OLIVEIRA, S. O. A unidade metavulcânica do Grupo Nova Lima no Córrego dos Boiadeiros: uma seqüência máfica-ultramáfica komatiítica na base do Supergrupo Rio das Velhas, na área central do Quadrilátero Ferrífero, MG. *Rev. Bras. Geoc.*, v. 15, n. 1, p. 74-84, 1985.

- PADILHA, A. V., VASCONCELLOS, R. M., GOMES, R. A. A. D. *Evolução geológica*. In: RAPOSO, F. O. (org.) 1991a. Rio Espera, Folha SF.23-X-B-IV, Estado de Minas Gerais. Brasília: DNPM/CPRM, (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB), 1991. p. 119-141.
- PINHEIRO, S. O. *Petrologia das rochas metaultramáficas da região de Rio Manso, Minas Gerais, MG*. Brasília: Universidade de Brasília, 1998. 253p. (Tese de Doutorado).
- PIRES, F. R. M. *Geologia do distrito manganesífero de Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais, MG*. Rio de Janeiro: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1977. 344 p. (Dissertação de Mestrado).
- POMERENE, J. B. *Geology and ore deposits of Belo Horizonte, Ibirite and Macacos Quadrangles, Minas Gerais, Brazil*. Washington: DNPM/CPRM, Professional Paper, 1964. 84p. (Boletim 341-D).
- QUÉMÉNEUR, J. J. G., BARAUD, R. Estrutura do embasamento Arqueano e geologia econômica da área pegmatítica de São João del-Rey-MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2. *Anais...* Belo Horizonte: SBG/MG, 1983. v. 1, p. 449-460.
- SCHORSCHER, H. D. Komatiitos na estrutura "Greenstone Belt" Série Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. In: CONGR. BRAS. GEOL., 30. *Anais...* Recife: SBG, 1978. v. 1, p. 292-293.
- SCHORSCHER, H. D., SANTANA, F. C., POLÔNIA, J. C., MOREIRA, J. M. P. Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais State: Rio das Velhas greenstone belt and proterozoic rocks. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ARCHEAN AND EARLY PROTEROZOIC EVOLUTION AND METALLOGENESIS, 1. *Anais...* Salvador: SBG, 1982. v. 1, p. 43.
- SEIXAS, L. A. R. *Geologia e metalotectos de ouro de uma fração do lineamento Congonhas, Congonhas, Minas Gerais, MG*. Brasília: Universidade de Brasília, 1988. 119p. (Dissertação de Mestrado).
- SICHEL, S. E., VALENÇA, J. G. Geologia da região de Santa Bárbara, Quadrilátero Ferrífero, MG. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DE MINAS GERAIS, 2. *Anais...* Belo Horizonte: SBG/MG, 1983. v. 1, p. 197-208.
- SOUZA FILHO, C. R. *Metalogênese do ouro em zona de cisalhamento; área Tinguá, "Greenstone Belt" Rio das Velhas, MG*. Campinas: Universidade de Campinas, 1991. 254p. (Dissertação de Mestrado).
- TEIXEIRA, W., CARNEIRO, M. A., NOCE, C. M., MACHADO, N., SATO, S., TAYLOR, P. N. Pb, Sr and Nd Isotope Constraints on The Archean Evolution of Gneissic-Granitoid Complexes in the Southern São Francisco Craton, Brasil. *Precambrian Research*, v. 78, p. 151-164, 1996.
- TEIXEIRA, W., SABATÉ, P., BARBOSA, J., NOCE, C. M., CARNEIRO, M. A. Archean and Paleoproterozoic Tectonic Evolution of the São Francisco Craton. In: CORDANI U.G., MILANI E.J., CAMPOS D.A. *Tectonic evolution of South America*. Rio de Janeiro: IGS, 2000. cap. 4, p. 101-137. 856p.

Artigo recebido em 16/09/2008 e aprovado em 16/06/2009.

A REM tem novo endereço:

FUNDAÇÃO GORCEIX - REM
Rua Carlos Walter Marinho Campos, 57
Bairro: Vila Itacolomy
35400-000 - Ouro Preto - MG
(31) 3551-4730 (31) 3559-7408

www.rem.com.br