

A FAIXA KHONDALÍTICA MARANGATU E A DESCOBERTA DE NOVAS MINERALIZAÇÕES DE GRAFITA NO N-NW DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Ronaldo Mello PEREIRA ¹ & Paulo GUIMARÃES ²

(1) Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro / UERJ. Rua São Francisco Xavier 524 / 2017A – Maracanã. CEP 20511-219. Rio de Janeiro, RJ. Endereço eletrônico: rmellouerj@hotmail.com; ronaldo.mello@pq.cnpq.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis. Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro / UERJ. Rua São Francisco Xavier 524, Maracanã. – Maracanã. CEP 20511-219. Rio de Janeiro, RJ. Endereço eletrônico: pvguimaraes@drm.rj.gov.br

Introdução
Contexto Geológico Regional
Khondalitos
Geologia da Área
Considerações Finais
Conclusão
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – A região de Volta Grande - Pirapetinga (MG) e Santo Antônio de Pádua - Itaperuna (RJ) engloba rochas granulíticas do Complexo Juiz de Fora e gnaisses aluminosos da Megassequência Andrelândia. Os sillimanita-granada gnaisses e granada-biotita gnaisses Andrelândia foram equiparados a rochas similares às da faixa Kerala, da Índia, que contém mineralizações de grafita. Os estudos desenvolvidos propiciaram a descoberta de duas novas ocorrências de grafita relacionadas a um quartzo-biotita-(± granada)-(± grafita) que integra um conjunto de rochas aluminosas intercaladas com anfíbolitos, lentes de manganês-grafitoso e finos níveis ferro-exalíticos basicamente constituídos por granada do tipo almandina. Os metassedimentos foram considerados como de origem mista, com componentes sedimentar, vulcânico e exalativo. Esse conjunto foi englobado em uma faixa aqui denominada de Faixa Khondalítica Marangatu (FKM). **Palavras-chave:** grafita, khondalitos, Rio de Janeiro.

ABSTRACT – *R.M. Pereira & P. Guimarães - The Marangatu Kondalitic Belt and the discovery of new graphite mineralization in N-NW of Rio de Janeiro State.* The region of Volta Grande - Pirapetinga (MG) and Santo Antonio de Padua - Itaperuna (RJ) encompasses granulitic rocks of Juiz de Fora Complex and the aluminous gneisses of the Andrelândia Megasequence. The sillimanite-garnet gneiss and the garnet-biotite gneiss of the Andrelândia are similar to rocks of the Kerala belt, India, containing graphite mineralizations. The studies carried out enabled the discovery of two new occurrences of graphite related to a quartz-biotite-(±garnet)-(± graphite) gneiss that integrates a set of aluminous rocks intercalated with amphibolites, manganese - graphite lenses and thin BIF levels represented by Fe exhalites. The metasediments are considered to have a mixed origin, with sedimentary, volcanic and exhalitic components. This assembly was enclosed in a rock belt here called Marangatu Khondalitic Belt.

Keywords: graphite, khondalite, Rio de Janeiro.

INTRODUÇÃO

Os recentes mapeamentos geológicos, na escala de 1:100.000, efetuados pelo convênio MME / CPRM / UERJ cobrem agora a quase totalidade do Estado do Rio de Janeiro e, no presente momento, oferecem boas oportunidades para que se inicie, a partir de estudos dirigidos, a revisão do potencial mineral do território fluminense. Notoriamente, essa porção do Estado se destaca por ser um importante pólo produtor cimenteiro, em razão das extensas jazidas calcárias aí encontradas e pela produção de rochas ornamentais, particularmente os tipos denominados de “Pedra Miracema”, “Olho-de-Pombo” e “Pedra Madeira”.

Além desses insumos, também são registradas na região várias ocorrências históricas de grafita associada a minérios de manganês. Com o intuito de melhorar o conhecimento sobre esses recursos foi que se efetuou nessa ampla região, ao longo dos anos de 2009 e 2010, um reconhecimento prospectivo centrado no nível manganesífero-grafitoso que se estende de Santo Antônio de Pádua a Itaperuna (Suszczyński, 1975; Vieira & Menezes, 1978).

O trabalho desenvolvido permitiu não só reconhecer o conjunto de rochas de alto grau metamórfico, formadas por gnaisses aluminosos, como semelhante

ao encontrado nas faixas khondalíticas mundiais, bem como propiciar a descoberta de uma faixa grafitosa, dissociada daquela relacionada ao nível manganífero que, até o presente momento, contém duas novas ocorrências de grafita o que potencializa a área para tal tipo de mineralização.

Convém frisar que a grafita, em virtude do seu vasto campo de emprego, sempre representou um importante recurso de uso industrial. Esse bem, no presente momento, corresponde a um dos principais alvos de interesse prospectivo das empresas voltadas para a exploração geológica.

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

A região em questão, situada na porção sudeste do Brasil, abrange parte dos municípios do NW fluminense, Santo Antônio de Pádua, Miracema, Itaperuna, São José do Ubá e Cambuci. As informações apresentadas a seguir foram essencialmente compiladas de Tupinambá et al. (2007). Aspectos mais detalhados sobre a geologia e a evolução geotectônica regional podem ser encontrados no trabalho desses autores e ainda em Heilbron et al. (2000, 2004) e Trouw et al. (2000).

De modo geral, a região encontra-se incluída na porção meridional do cráton do São Francisco no domínio das províncias tectônicas Tocantins e Mantiqueira que contêm inseridas em seu contexto, as faixas neoproterozóicas pertencentes ao evento orogênico Brasileiro (650-540 Ma) Brasília e Ribeira / Araçuai, respectivamente.

Mais especificamente, a compartimentação tectônica proposta para essa região corresponde à da Faixa

Ribeira, cuja formação foi produto do penúltimo estágio de colagem do Brasileiro no sudeste do Brasil (ca. 580 Ma). No seu segmento central a Faixa Ribeira compreende quatro terrenos tectono-estratigráficos (Occidental, Paraíba do Sul, Oriental e Cabo Frio) imbricados para NWW, em direção ao cráton do São Francisco, durante as várias etapas de convergência brasileiras. Deles, somente serão abordados os aspectos mais gerais do Terreno Occidental que é o que melhor compartimenta a área de interesse à pesquisa (Figura 1).

O Terreno Occidental, que compreende a margem retrabalhada do cráton São Francisco, é composta por dois domínios: Juiz de Fora e Andrelândia. Neste compartimento ocorre uma intercalação tectônica entre as rochas mais antigas do Complexo Juiz de Fora (embasamento de idade pré 1,7 Ga) e os metassedimentos neoproterozóicos da Megassequência Andre-

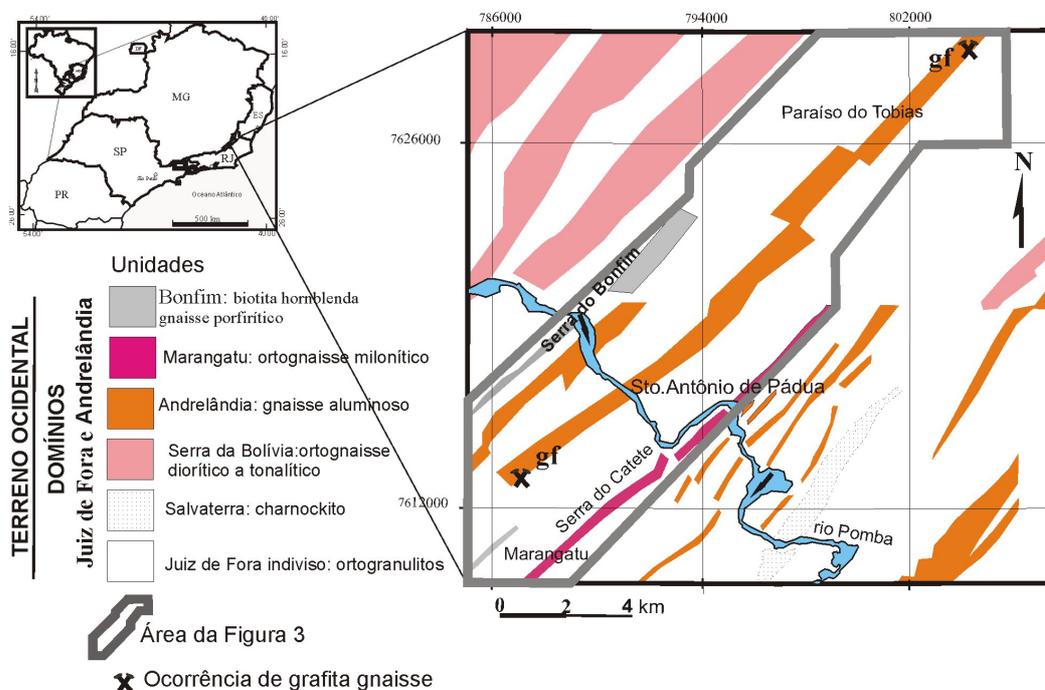


FIGURA 1. Mapa de localização da área e Contexto Geológico Regional / Geotectônico. (adaptado de Tupinambá et al., 2007).

lândia ambos metamorfisados em fácies granulito. Essa interdigitação tectônica ocorre tanto em escala regional quanto em nível de afloramento. Esses dois conjuntos litológicos exibem forte foliação milonítica e paragéneses metamórficas indicativas de retrogressão.

O Complexo Juiz de Fora é representado por um conjunto de ortogranulitos gnaissificados com composições variando entre gabros, dioritos, tonalitos e granodioritos. As texturas encontradas variam de granoblásticas a, subordinadamente, miloníticas. Na mineralogia principal registra-se a presença de ortopiroxênio, clinopiroxênio, plagioclásio, feldspato potássico, quartzo, hornblenda e biotita em proporções variadas, além de zircão, allanita e minerais opacos, incluindo sulfetos (principalmente pirita e subordinadamente calcopirita) como minerais acessórios. A granada ocorre localmente. Nas proximidades das zonas de cisalhamento geradas na fase D3 de deformação, os

granulitos assumem forte foliação milonítica planar e ao perderem a coloração esverdeada se transformam em gnaisses brancos e pretos. Os protólitos desse complexo incluem granitóides calcioalcalinos representantes de arco magmático cordilheirano e de arcos de ilhas e granitos colisionais.

A cobertura neoproterozóica sobreposta ao Complexo Juiz de Fora é constituída por uma sucessão de paragnaisses e xistos pelíticos. Granada, biotita e sillimanita, além de quartzo, plagioclásio e feldspato potássico constituem a mineralogia principal dos paragnaisses e zircão, turmalina e apatita são os minerais acessórios mais frequentes. Bancos métricos de quartzitos, gonditos e lentes de rochas calciossilicáticas, de cor esverdeada, também são comuns. Texturas migmatíticas também podem ocorrer com certa frequência. Essa sucessão é relacionada à Megassequência Andrelândia, com idade entre 1,0 a 0,79 Ga.

KHONDALITOS

O termo khondalito foi primeiramente utilizado para se referir a uma suíte constituída por quartzo-granada-sillimanita-grafita gnaisses associados a granada gnaisses, gnaisses quartzo-feldspáticos e quartzitos, que hospedavam os depósitos de manganês de Orissa, na Índia (Mehnert, 1971; Santosh, 1986). Esse termo não foi plenamente aceito pela comunidade geológica internacional e durante muito tempo ficou restrito a áreas da Índia e de países vizinhos, como o Sri Lanka. Mais recentemente, faixas contendo rochas khondalíticas vêm sendo caracterizadas particularmente na China (Wan et al., 2009, Wang et al., 2009) e paulatinamente essa denominação vem se firmando no panorama geológico mundial. No Brasil, por exemplo, rochas khondalíticas já foram reconhecidas no sul de Minas Gerais (Ebert, 1968), no Ceará, em Granja (Santos et al., 2001) e em Aracoiába (Fragomeni, 2011), e na região de São Fidélis, RJ (Santos, 2008).

Um dos principais interesses despertados pelas faixas khondalíticas prende-se ao fato de que elas são portadoras de uma gama de depósitos minerais de ferro, manganês, grafita, bauxito e gemas. Em Kerala (Índia) e no Norte da China, por exemplo, essas faixas encerram depósitos de grafita de classe mundial. Da mesma forma, algumas das mineralizações brasileiras de grafita também já estão sendo relacionadas a faixas khondalíticas como em São Fidélis (Santos,

2008) e no Distrito Grafítífero de Aracoiába-Baturité (Fragomeni, 2011).

No geral, as faixas khondalíticas representam um significativo componente de terrenos de fácies granulito sendo os gnaisses que ocorrem associados a essas faixas considerados como derivados de metassedimentos migmatizados e, no geral, os litotipos associados correspondem a gnaisses aluminosos. Na Faixa Khondalítica Kerala (FKK) eles estão subdivididos em dois conjuntos representados por granada-biotita(± grafita) gnaisses e granada-sillimanita-biotita(± grafita) gnaisses (Wilde et al., 1999) e no cinturão granulítico arqueano e proterozóico inferior da parte norte-central da China por sillimanita-granada gnaisses, quartzo-granada gnaisses e quartzo-feldspato gnaisses (Condie et al., 1992).

A petrologia e a geoquímica indicam que os protólitos dos gnaisses aluminosos que constituem as faixas khondalíticas do segmento ocidental de Altyn Tagh, na China, foram rochas sedimentares pelíticas e pelito-arenosas ricas em alumina (Zhang et al., 2000). Os protólitos pré-metamórficos das rochas khondalíticas de Kerala derivam de quartzitos, arcóseos e sedimentos pelíticos, o que atesta a sua origem paraderivada. Chacko et al. (1988), entretanto, aponta para a presença de unidades vulcânicas intercaladas a esses litotipos.

GEOLOGIA DA ÁREA

É no contexto do Terreno Ocidental, descrito acima, onde se insere a área enfocada, situada entre as localidades de Marangatu (Município de Santo

Antônio de Pádua), Paraíso do Tobias (Município de Miracema) e Santa Maria (Município de Cambuci). Ela integra o Domínio Juiz de Fora (Tupinambá et al.,

2007) e é, basicamente, constituída por rochas da Megassequência Andrelândia e rochas granulíticas (ortogranulitos) do Complexo Juiz de Fora. A área encontra-se balizada pelas serras do Bonfim, a norte, e do Catete e Prosperidade, a sul. As duas primeiras são formadas por gnaisses ortoderivados, muito cisalhados, das unidades Bonfim (biotita-hornblenda gnaisses porfirítico) e Marangatu (ortognaisses milonítico) e que são conhecidos, comercialmente, como pedra “Olho de Pombo” e “Pedra Madeira”, respectivamente. A serra da Prosperidade, por sua vez, é constituída por ortogranulitos do Complexo Juiz de Fora.

As serras citadas representam zonas de cisalhamento de caráter dúctil e balizam uma estreita faixa de rochas de características vulcanossedimentares que topograficamente, encontra-se mais deprimida do que as encontradas nas serras adjacentes. Essa faixa, pertencente à Megassequência Andrelândia, se dispõe desde Volta Grande (MG) até Itaperuna (RJ), e seus principais litotipos correspondem a tipos gnáissicos entremeados com horizontes de anfíbolitos, rochas calciossilicáticas, além da presença, um pouco mais esporádica e mais localizada de gabros anfíbolitizados e de tipos ultramáficos de granulação mais grossa e coloração esverdeada representada por diopsíditos. É nesse conjunto onde está contido o horizonte manganífero-grafitoso, provavelmente correspondente a um gondito, e que encerra as ocorrências históricas de grafita e manganês da região (Scorza, 1931; Oliveira, 1945). Não se pode até o momento precisar, com segurança, a espessura desse horizonte, porém em Volta Grande (MG) os vestígios de uma extensa cava com aproximadamente 200 m de comprimento, que ainda pode ser vislumbrada na área da fazenda Bela Vista, expõe o nível manganífero com uma espessura em torno de 2,0 m. A mesma espessura foi constatada na área da mina (já esgotada) situada em Bom Sucesso e no prospecto de Teimoso, região Santo Antônio de Pádua, e por volta de 3,0 m na área do Alto Limoeiro, em Itaperuna. A grafita sempre foi associada a esse nível manganífero, com uma participação de 5% a 15% na composição mineralógica do minério de manganês (Scorza, 1931; Oliveira, 1945; Vieira & Menezes, 1978; Suszczyński, 1975).

As rochas gnáissicas, sempre bastante estiradas e com a presença de fitas de quartzo, são representadas por gnaisses quartzo-feldspáticos e quartzo-biotita-(±granada)-(±grafita), granada-biotita-(±sillimanita)-(±grafita), granada-sillimanita-(±grafita) gnaisses e, de modo geral, elas apresentam-se intercaladas com camadas centimétricas, decimétricas e, mais raramente, métricas de ortoanfíbolitos. Os principais minerais acessórios registrados nessas rochas são: zircão, monazita, rutilo, apatita e espinélio.

Além desses tipos, ainda registra-se a presença de finos níveis de uma rocha basicamente constituída por quartzo e granada (± piroxênio), associada aos gnaisses aluminosos, denominada em campo de granadito / Fe-exalito. Em virtude da sua cor escura, proporcionada por manchas pretas na superfície das amostras, e das reações características que denotam a presença de manganês ao se aspergir H_2O_2 sobre elas, o granadito / Fe-exalito foi confundido, à primeira vista, com gonditos e foi como tal que essa rocha foi registrada em diversos trabalhos efetuados anteriormente na região. Entretanto, em um exame mais atento, verifica-se que a cor alteração das granadas que a compõe é ocre e não preta, o que faz pressupor que a molécula da almandina sobrepuje a da espessartita na composição do mineral. De fato, análises químicas em MEV-EDS (Tabela 1) efetuadas em diversos cristais de granada derivados de amostras de granaditos confirmaram a predominância do ferro ($FeO_t = \sim 34\%$) sobre o manganês ($MnO = \sim 11\%$). De acordo com a estrita definição de gonditos, termo aplicado às rochas que são essencialmente constituídas por espessartita (por definição, uma granada com cerca de 27% MnO) e quartzo, considerou-se esse tipo, uma rocha essencialmente constituída por almandina e quartzo, como um granadito / Fe exalito.

É interessante notar que alguns desses litotipos descritos anteriormente assemelham-se a algumas rochas presentes na seção sedimentar sulfetada do ofiolito de Ribeirão da Folha, do orógeno Araçuai, tais como: formação ferrífera fácies silicatada (constituída por alternância de quartzo e almandina), anfíbolitos, rochas grafitosas e diopsíditos e que foram considerados como remanescentes de crosta oceânica (Queiroga et al., 2007).

Além de ocorrer associada ao horizonte manganífero-grafitoso a grafita, como já foi mencionado, também está relacionada aos gnaisses, onde, no geral, ela representa um mineral acessório dessas rochas. Entretanto, em certos locais, o pacote de quartzo-biotita-(±granada)-(±grafita) gnaisses pode ser considerado como um verdadeiro grafita gnaisses em virtude da intensa mineralização observada.

Uma das ocorrências de grafita gnaisses descoberta na região encontra-se em corte de estrada próximo da fazenda Vista Alegre, situada nas imediações da localidade de Marangatu. Ela é, na realidade, constituída por dois pacotes mais mineralizados em grafita com espessuras igual, ou um pouco superior, a 1,4 m (Figura 2). Um dos níveis é tão marcantemente grafitoso que faz com que a camada se destaque no afloramento e fique visível mesmo à distância (Foto 1). Já o segundo nível não se destaca tanto quanto o primeiro, mas a grafita também se mostra bem presente

TABELA 1. Análise químicas em MEV-EDS de granadas dos Fe-exalitos.

amostra	02		09	
Óxido	%	%	%	%
FeO	30,50	29,80	34,02	34,11
CaO	1,39	1,36	0,75	0,78
MnO	9,74	10,83	5,36	5,24
Al ₂ O ₃	21,16	20,84	21,39	21,28
SiO ₂	36,30	36,33	37,05	36,99
MgO	0,88	0,81	1,40	1,58

e em boa quantidade. Os teores em carbono determinados por termo gravimetria nos dois pacotes onde a grafita mais se destaca está em torno de 2,0% e 1,5 % C.

Grosso modo, essas duas camadas servem de capa e lapa para um gnaissé pelítico que também contém um percentual de grafita disseminada de 0,65% de C. Esse estrato intermediário, por estar bastante alterado, só denuncia a presença da grafita por meio de sulcos propiciados pela ponteira do martelo que, riscando o afloramento deixam marcas características que denunciam a presença desse mineral (Foto 2). No conjunto, o horizonte grafitoso apresenta uns 12 m de espessura. A grafita (tipo *flake*) forma lamelas com

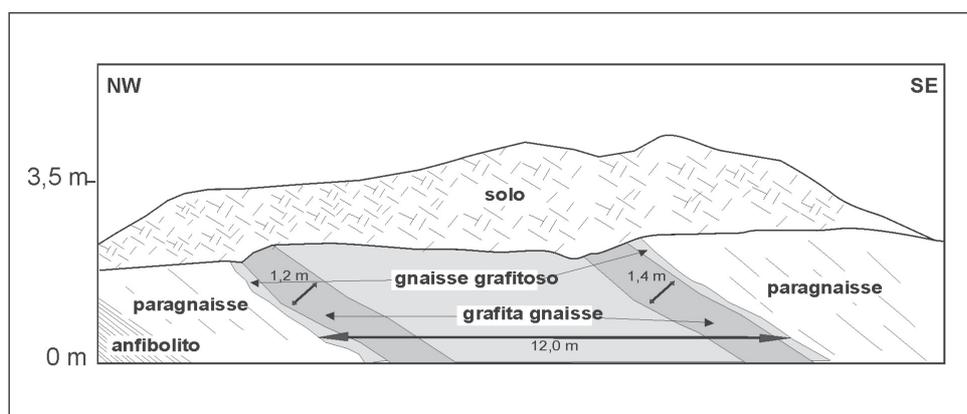


FIGURA 2. Seção geológica esquemática do afloramento de grafita gnaissé da fazenda Vista Alegre em Marangatu.

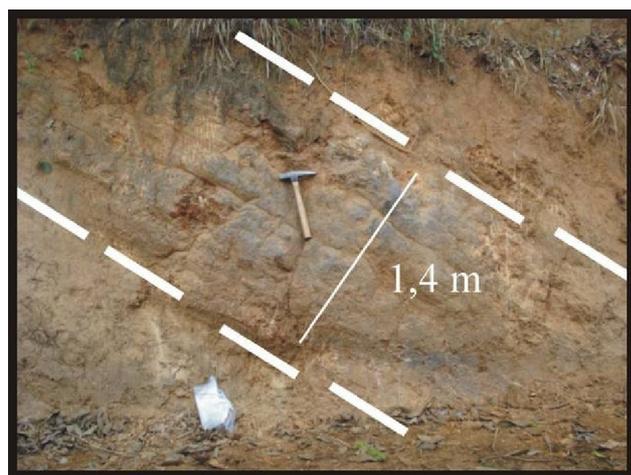


FOTO 1. Destaque do nível mais mineralizado em grafita do afloramento de grafita gnaissé da fazenda Vista Alegre.



FOTO 2. Sulcos propiciados pela ponteira do martelo, que riscando o afloramento, revelam a presença da grafita (fazenda Vista Alegre).

até 2,0 mm de comprimento e concentra-se ao longo dos planos de foliação (N50°E / 50°SE) da rocha. Situação equivalente ocorre na área da fazenda Paineiras, situada no Município de Cambuci, e distante cerca de 30 km do afloramento da fazenda Vista Alegre, onde o grafita gnaissé forma um pacote com, no mínimo, 6,0 m de espessura.

Com isso, do ponto de vista econômico, essas duas concentrações de grafita representam uma situação bastante auspiciosa potencializando a região para a presença de uma faixa exclusivamente grafítifera, dissociada das ocorrências de manganês-grafita conhecidas anteriormente.

Percebe-se que, na área, os pacotes rochosos que compõem a faixa vulcanossedimentar podem ser traçados ao longo do *trend* NE-SW de forma quase que contínua por dezenas de quilômetros (Figura 3). Isso tanto se dá para as camadas de largura métrica a

decamétrica, quanto para os finos horizontes exalíticos, que podem variar em espessura desde uns poucos centímetros a uns poucos metros, no máximo.

Devido a essa particularidade, pôde-se estabelecer em campo uma série de níveis guias, sendo os mais facilmente traçáveis aqueles representados pelos anfibolitos, pelo pacote de gondito (horizonte manganésífero-grafitoso) e pelo quartzo-biotita-(±granada)-(± grafita) gnaissé. De forma subordinada, ainda pode-se considerar os níveis de granaditos / Fe-exalitos como tendo expressão de marcadores estratigráficos. Essas rochas afloram desde as proximidades da localidade de Marangatu, distrito de Santo Antônio de Pádua até Cubatão, distrito de Itaperuna.

Dos diversos litotipos que compõem a faixa, um dos que podem ser seguidos com mais facilidade corresponde ao representado pelos níveis anfibolíticos de espessura decamétrica a métrica, encontrados

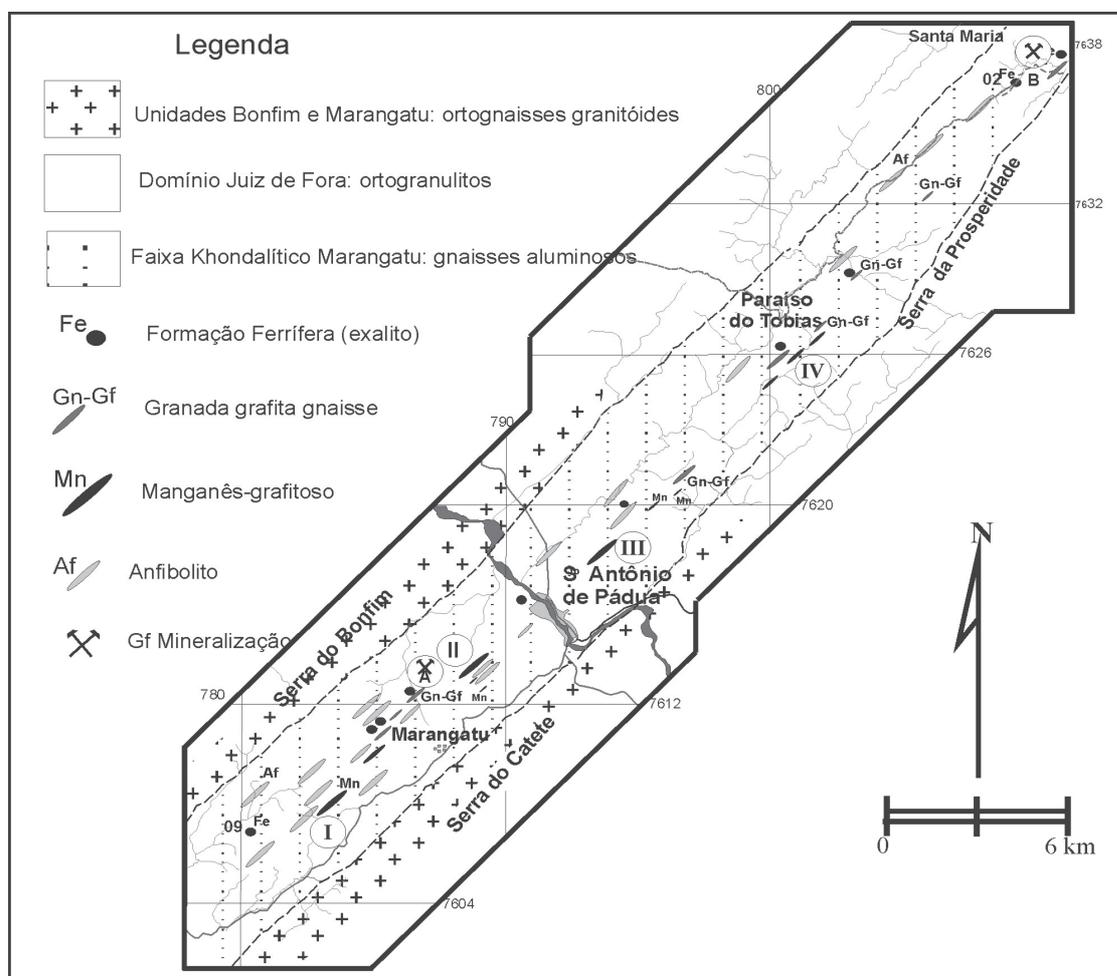


FIGURA 3. Mapa Geológico Esquemático da área de Marangatu - Paraíso do Tobias. Corpos rochosos (Af = anfibolitos; Gf-gn = grafita gnaissé) e ocorrências minerais (Fe = ferro exalitos / pontos 02 e 09, Mn = manganês) fora de escala. Minas e ocorrências associadas ao horizonte manganésífero-grafitoso: 1 = Bom Sucesso, 2 = Teimoso, 3 = Morro Grande, 4 = Paraíso do Tobias; mineralizações de grafita: A = fazenda Vista Alegre, B = fazenda Paineiras.

intercalados nos gnaisses locais. No geral, eles são representados por uma rocha metamórfica de grau médio a alto, de granulação fina a média, contendo hornblenda e o plagioclásio em uma paragênese característica. Afloramentos do mais ocidental dos horizontes anfíbolíticos dispõem-se ao longo do *trend* NE-SW, por mais de 40 km, desde as imediações de Bom Sucesso / Marangatu (Santo Antônio de Pádua), passando por Paraíso do Tobias e chegando até Cubatão (Itaperuna).

Da mesma forma, isso ocorre com o pacote de quartzo-biotita-(±granada)-(± grafita) gnaissado mais intensamente mineralizado em grafita cujos afloramentos também são encontrados por uma grande extensão ao longo desse mesmo *trend* desde Estrela D'Alva (MG) passando por Marangatu e Paraíso do Tobias e estendendo-se para além de Santa Maria (fazenda Paineiras).

Os níveis de granaditos (Fe-exalitos) apresentam-se de forma mais descontínua e também são sempre encontrados ao longo do *trend* regional.

De todos os horizontes considerados o manganésífero-grafitoso é um dos mais notórios e, por ser o mais facilmente caracterizado em campo, foi registrado continuamente desde Volta Grande, Estrela D'Alva e Pirapetinga, em Minas Gerais, passando por Santo Antônio de Pádua e terminando no Distrito de Cubatão, em Itaperuna, o que perfaz quase 90 km de extensão. Com isso, o presente trabalho apresenta uma proposta de junção de duas das três grandes faixas manganésíferas-grafitosas, indicadas por Suszczyński

(1975), que passam pelo Estado do Rio de Janeiro e que correspondem às faixas de Itaperuna - Bom Jesus do Norte e Miracema - Santo Antônio de Pádua - Pirapetinga-Volta Grande-Além Paraíba considerando-as como uma só e denominando-a de Faixa Khondalítica Marangatu.

A partir dos dados obtidos durante as etapas de mapeamento geológico constatou-se que não só o horizonte manganésífero-grafitoso, mas todas as unidades registradas na região apresentam grande continuidade lateral, da ordem de quilômetros. Embora os níveis estratigráficos aparentemente denotem uma grande extensão torna-se difícil, mais regionalmente, admitir-se uma distribuição ininterrupta dos mesmos sendo mais factível considerar que os corpos, em virtude das condições estruturais impostas ao conjunto rochoso, estejam dispostos tal e quais estruturas do tipo *pinch and swell*. Isso fica mais evidente no caso do horizonte manganésífero-grafitoso quando se verifica que os corpos com uma concentração maior de minério estão dispostos de forma descontínua, como mega *boudins*, desde Volta Grande, Estrela D'Alva e Pirapetinga, em Minas Gerais, passando por Santo Antônio de Pádua (minas e ocorrências de: Bom Sucesso, Teimoso, Morro Grande e Papagaio) e chegando ao distrito de Cubatão, em Itaperuna, com a ocorrência do Alto do Limoeiro. Somente na área de Paraíso do Tobias, por exemplo, considera-se a possibilidade do horizonte manganésífero-grafitoso, com 1,2 m de espessura, aflorar de forma mais contínua, como uma camada, por cerca de 3,0 km.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por suas características geológicas (e mineralizações presentes) a região estudada também permite comparações com a Faixa Khondalítica Kerala e, tal como lá, os litotipos nela encontrados (rochas aluminosas representadas por biotita-granada gnaisses e sillimanita-granada gnaisses da Megassequência Andrelândia) são equivalentes a alguns dos tipos presentes nesse cinturão. De forma a acentuar o caráter metalogênico dessas rochas, propiciado pela presença de mineralizações de manganês e grafita, denominou-se, no presente trabalho, o conjunto de gnaisses aluminosos da Megassequência Andrelândia de Faixa Khondalítica Marangatu (FKM).

Geralmente os biotita-granada gnaisses regionais pertencentes à Megassequência Andrelândia são tidos como oriundos de pelitos e, portanto, de origem paraderivada (Tupinambá et al., 2007). Também aqui se admite, em parte, uma componente metassedimentar para essas rochas, porém, a presença em Paraíso do Tobias de um afloramento rochoso alterado constituído

pela alternância entre finos níveis de gnaisses que lembram tufos ácidos e de granaditos / Fe-exalitos, faz com que também se considere uma origem mista para essas rochas. A relativa proximidade entre esses gnaisses com intercalações de granadito / Fe-exalitos, anfíbolitos e o nível manganésífero, onde o Mn seria de origem hidrotermal (Guimarães, 2011), acentua o caráter vulcânico-exalativo desses litotipos.

Com relação aos anfíbolitos, sabe-se que eles podem ter diferentes origens: basalto e/ou gabro, rochas sedimentares e tipos vulcanoquímicos. Diversos pesquisadores que vêm estudando tais rochas presentes na Megassequência Andrelândia (Trouw et al., 1996; Paciullo, 1992) indicam uma origem ortoderivada para elas, e correspondentes a lavas e *sills* de composição basáltica. Tal opinião se coaduna com a dos presentes autores que consideram os anfíbolitos intercalados com os gnaisses aluminosos da Megassequência Andrelândia da área estudada como lavas basálticas. Preliminarmente, em virtude de algumas poucas análises

químicas realizadas, esses anfíbolitos foram considerados como do tipo arco de ilhas (Guimarães, 2011).

Os granaditos / Fe-exalitos poderiam representar tipos derivados de argilas e hidróxidos de Fe-Mn, tais como os exalitos encontrados no *greenstone belt* Pecos, do Novo México, que apresentam esta constituição (Slack et al., 2009). Rochas formadas por quartzo e granada (almandina e espessartita) e associadas a ambientes exalativos / vulcânicos, e consideradas como formações ferríferas fácies silicato, também são encontradas no Canadá (Bohm, 1998) e na Nigéria (Mucke et al., 1996)

No Brasil, rochas a quartzo e granada (almandina) foram descritas como formações ferríferas fácies silicato no orógeno Araçuaí em São José da Safira (Aracema et al., 2000) e na seção sedimentar sulfetada do ofiolito de Ribeirão da Folha (Queiroga et al., 2007). Em virtude da semelhança apresentada entre os litotipos descritos na região de Ribeirão da Folha, considerados como remanescentes de crosta oceânica, e os encontrados na região de Santo Antônio de Pádua-Itaperuna, postula-se aqui o mesmo tipo de ambiente para as rochas descritas no presente trabalho.

Com o acima referido, admite-se que os gnaisses aluminosos da área considerada, pertencentes à Megasequência Andrelândia, tenham não só uma origem sedimentar, mas também uma contribuição marcadamente vulcânica e exalativa.

Estudos isotópicos efetuados em minérios singenéticos de grafita mostram valores de $\delta^{13}\text{C}$ variando entre -27 a -16 per mil (Weiss et al., 1981) o que permite considerar a grafita da área estudada, com $\delta^{13}\text{C}$ -18,202 per mil, como do mesmo tipo. A formação desse tipo de depósito (grafita biogênica) envolve a alteração de matéria orgânica durante o metamorfismo. Até o momento presente, não foram constatadas evidências de grafita epigenética associada às ocorrências das fazendas Vista Alegre e Paineiras, recém descobertas na área.

Em nível mundial, horizontes contendo grafita do tipo *flake*, geralmente, constituem pacotes *stratabound* com espessuras variando entre 0,30 m e 30 m e continuidade lateral que pode chegar a 2,0 km ou mais. Caso isso também venha a ocorrer na região as novas ocorrências de grafita encontradas poderão se tornar atraentes do ponto de vista econômico.

CONCLUSÃO

As rochas aluminosas portadoras de grafita da Megasequência Andrelândia, representadas pelos gnaisses quartzo-feldspáticos e quartzo-biotita-(±granada)-(± grafita), granada-biotita-(± sillimanita)-(± grafita), granada-sillimanita-(± grafita) gnaisses, são semelhantes às encontradas em outras faixas khondalíticas mundiais, tais como as faixas khondalíticas de Kerala, na Índia e de Jining e Daqingshan na China.

A denominação de Faixa Khondalítica Marangatu (FKM) para as rochas da Megasequência Andrelândia encontradas desde Estrela D'Alva (MG), Santo Antônio de Pádua - Itaperuna (RJ) foi proposta para acentuar o

caráter metalogênico dessa faixa, constituída por rochas de alto grau metamórfico, que encerra as mineralizações em manganês e grafita presentes na região.

Em relação aos protólitos dos gnaisses aluminosos da FKM preconiza-se uma origem mista para essas rochas, com componentes sedimentar (pelitos), vulcânico (basalto) e exalativo (Mn e exalitos).

A presença das mineralizações de grafita nas áreas das fazendas Vista Alegre (com 12 m de espessura) e Paineiras (~ 6 m de espessura), tornam esse novo horizonte grafitoso bem interessante do ponto de vista econômico.

AGRADECIMENTOS

Os nossos agradecimentos ao Dr. Reiner Neumann do CETEM/MCT pelas análises MEV-EDS realizadas em amostras de granadas e, particularmente, aos relatores da revista *Geociências* pelas observações e correções apresentadas. Um especial agradecimento à Dra. Nely Palermo, pelas discussões efetuadas durante os trabalhos de campo realizados na região e ao DRM - Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro, órgão ao qual o Geólogo Paulo Guimarães é filiado, pelo apoio prestado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARACEMA, L.W.; NEVES, A.C.; FERREIRA, J.C.; PEDROSA-SOARES, A.C.; LOBATO, L.M.; NOCE, C.M. Novas evidências de remanescentes oceânicos na Faixa Araçuaí: as rochas metaultamáficas de São José da Safira. *Geonomos*, v. 8, n. 1, p. 55-61, 2000.
2. BOHM, C.O. Geology of the Natawahunan Lake área. **Manitoba Energy and Mines**, Geological Services, Report of Activities, p. 56-59, 1998.
3. CHACKO, T.; KUMAR, G.R.; MEEN, J.K.; ROGERS, J.J.W. The Kerala Khondalite Belt of Southern India: An

- Ensilialic Mobile Belt. In: LEWIS D. ASHWAL (Ed.), **Workshop on the Growth of Continental Crust**, LPI Technical Report 88-02, p. 45-47, 1988.
4. CONDIE, K.C.; BORYTA, M.D.; LIU, J.; QIAN, X. The origin of khondalites: Geochemical evidence from the Archean to early Proterozoic granulite belt in the North China craton. **Precambrian Research**, v. 59, n. 3-4, p. 207-223, 1992.
 5. EBERT, H. Ocorrências de fácies granulítica no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica: hipóteses sobre sua origem. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 40, suplemento, p. 215-229, 1968.
 6. FRAGOMENI, P.R.P. **Levantamento e estudo das ocorrências de grafita do Distrito Grafítico de Aracoiába-Baturité, CE**. Rio de Janeiro, 2011. 126 p. Tese (Doutorado em Análise de Bacias e Faixas Móveis) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
 7. GUIMARÃES, P.V. **Contexto geológico-geotectônico da faixa manganésifera-grafitosa localizada entre Itaperuna (RJ) e Volta Grande (MG)**. Rio de Janeiro, 2011. Dissertação (Mestrado em Análise de Bacias e Faixas Móveis) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
 8. HEILBRON, M.; MOHRIAK, W.; VALERIANO, C.M.; MILANI, E.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M. From collision to extension: the roots of the south-eastern continental margin of Brazil. In: TALWANI & MOHRIAK, W. (Eds), **Atlantic Rifts and Continental Margins**. American Geophysical Union, Geophysical Monograph Series, 115, p. 1-34, 2000.
 9. HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.C. A Província Mantiqueira. In: V. MANTESSO-NETO, A. BARTORELLI, C.D.R. CARNEIRO, B.B. BRITO NEVES (Eds.), **O desvendador de um continente: a moderna geologia da América do Sul e o legado e a obra de Fernando Flávio Marques de Almeida**. São Paulo, Ed. Beca, cap. XIII, p. 203-234, 2004.
 10. MEHNERT, K.R. **Migmatites and the origin of granitic rocks**. Elsevier Publishing Company, 405 p., 1971.
 11. MUCKE, A.; ANNOR, A.; NEUMANN, U. The Algomatype iron-formation of the Nigerian metavolcano-sedimentary schist belts. **Mineralium Deposita**, v. 31, n. 1-2, p. 113-122, 1996.
 12. OLIVEIRA, A.I. **Relatório da Diretoria 1943**, Boletim 75, DNPM, Rio de Janeiro, 1945.
 13. PACIULLO, F. Orto-anfibolitos no ciclo deposicional Andrelândia - assinatura química e ambiente tectônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, 1992, São Paulo. **Resumos Expandidos ...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1992, v. 2, p. 28-29.
 14. QUEIROGA, G.N.; PEDROSA-SOARES, A.C.; NOCE, C.M.; ALKMIN, F.F.; PIMENTEL, M.M.; MARTINS, M.; CASTAÑEDA, C.; SUITA, M.T.; PRICHARD, H. Age of the Ribeirão da Folha ophiolite, Araçuaí Orogen: The U-Pb zircon (LA-ICPMS) dating of a plagiogranite. **Geonomos**, v. 15, n. 1, p. 61-65, 2007.
 15. SANTOS, T.M.B. **Petrologia, geoquímica e termocronologia das rochas granulíticas do sector São Fidélis – Santo Antonio de Pádua (zona central da Faixa Ribeira, Rio de Janeiro, SE do Brasil)**. Lisboa, 2008. 235 p. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de Lisboa.
 16. SANTOS, T.J.S.S.; NETO, J.A.N.; HACKSPACHER, P.C. Petrografia e litogeoquímica das rochas do embasamento cristalino da região de Granja – CE. **Revista de Geologia**, v. 14, p. 33-48, 2001.
 17. SANTOS, H.M. Nature and evolution of metamorphic fluids in the Precambrian khondalites of Kerala, South Índia. **Precambrian Research**, v. 33, n. 4, p. 283-301, 1986.
 18. SCORZA, E.P. Grafita. **Boletim 57**, SGM, Rio de Janeiro, p. 1-53, 1931.
 19. SLACK, J.F.; GRENNE T.; BEKKER, A. Sea floor-hydrothermal Si-Fe-Mn exhalites in the Pecos greenstone belt, New Mexico, and the redox state of ca. 1720 Ma deep seawater. **Geosphere**, v. 5, n. 3, p. 302-314, 2009.
 20. SUSZCZYNSKI, E.F. Os Recursos Minerais Reais e Potenciais do Brasil e sua Metalogenia. Rio de Janeiro: **Interciência**, 536 p., 1975.
 21. TROUW, R.A.J.; HEILBRON, M.; RIBEIRO, A.; PACIULLO, F.V.P.; VALERIANO, C.M.; ALMEIDA, J.C.H.; TUPINAMBÁ, M.; ANDREISS, R.R. The central segment of the Ribeira belt. In: U.G. CORDANI; E.J. MILANI, A.; THOMAZ FILHO (Eds.), **Tectonic Evolution of South America**, p. 287-310, 2000.
 22. TROUW, R.A.; SCHMITT, R.S.; PACIULLO, F.; RIBEIRO, A.; CASTRO, E.M.O. Evidências de associações de fundo oceânico na Seqüência Depositional Andrelândia, sul de Minas Gerais. **Boletim IG-USP: Publicação Especial**, v. 18, p. 2-8, 1996.
 23. TUPINAMBÁ, M.; HEILBRON, M.; DUARTE, B.P.; SILVA, L.G.E.; NOGUEIRA, J.R.; VALLADARES, C.S.; ALMEIDA, J.C.H.; EIRADO, L.G.; MEDEIROS, S.R.; ALMEIDA, C.G.; MIRANDA, A.W.A.; RAGATKY, D.; MENDES, J.; LUDKA, I. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. **Geonomos**, v. 15, n. 1, p. 67-79, 2007.
 24. VIEIRA, A.C. & MENEZES, S.O. Grafita no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Mineração e Metalurgia**, n. 400, p. 14-19, 1978.
 25. WAN, Y.; LIU, D.; DONG, C.; XU, Z.Y.; WANG, Z.; WILDE, S.A.; YANG, Y.; LIU, Z.; ZHOU, H.Y. The Precambrian khondalite belt in the Daqingshan area, North China Craton: evidence for multiple metamorphic events in the Paleoproterozoic era. **Geological Society**, London, Special Publications, v. 323, p. 73-97, 2009.
 26. WANG, F.; LI, X.P.; CHU, H.; ZHAO, G. Petrology and metamorphism of khondalites from the Jiming complex, North China Craton. **International Geology Review**, v. 53, p. 212-229, 2009.
 27. WEIS, P.L.; FRIEDMAN, I.; GLEASON, T.P. The origin of epigenetic graphite: Evidence from isotopes. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 45, p. 2325-2332, 1981.
 28. WILD, S.A.; DORSETT-BAIN, H.L.; LENNON, R.G. Geological setting and controls on the development of graphite, sillimanite and phosphate mineralization within the Jiamusi Massif: An exotic fragment of Gondwanaland located in north-eastern China? **Gondwana Research**, v. 2 n. 1 p. 21-46, 1999.
 29. ZHANG, J.; ZHANG, Z.; XU, Z.; YANG, J.; CUI, J. Discovery of khondalite series from the western segment of Altyn Tagh and their petrological and geochronological studies. **Science in China (Series D)**, v. 43 n. 3, p. 308-316, 2000.

Manuscrito Recebido em: 19 de julho de 2011
Revisado e Aceito em: 22 de novembro de 2011