

TERRENOS KHONDALÍTICOS: PRINCIPAIS DOMÍNIOS PARA MANGANÊS, GRAFITA, OURO E ZINCO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO E REGIÕES LIMÍTROFES.

Ronaldo Mello Pereira¹; Reiner Neumann²; Marcelo Salomão¹; Paulo Vicente Guimarães³; Guilherme Veloso Ramos⁴; Ana Caroline Dutra⁴; Enrico Pedroso¹

1 - Departamento de Geologia Aplicada da Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (DGAp-FGEL/UERJ). Rua São Francisco Xavier, 524 / 2017A, 20550-900. E-mail: rmellouerj@hotmail.com

2 - Centro de Tecnologia Mineral – CETEM / MCTI. Av. Pedro Calmon, 900 - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - Rio de Janeiro. CEP: 21941-908. E-mail: rneumann@cetem.gov.br

3 - Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro - DRM-RJ. Rua Marechal Deodoro, 351 - Centro, Niterói - Rio de Janeiro. CEP: 24030-060. E-mail: pvguimaraes@drm.rj.gov.br

4 - Pós-Graduação em Geologia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rua São Francisco Xavier, 524 / 2017A, CEP: 20550-900. E-mail: anacarolinedutra@yahoo.com

Recebido em 19 de outubro de 2016; aceito em 16 de dezembro de 2016

Resumo: Terrenos khondalíticos representam um significativo componente de áreas de fácies granulito/UHT e os gnaisses que ocorrem associados a esses complexos são, principalmente, tipos aluminosos. Estes terrenos representam uma história de acreção crustal, ocorrendo nas zonas de junções/suturas das massas continentais como, por exemplo, nas que propiciaram a formação do supercontinente Gondwana. Nos Terrenos Khondalíticos presentes no Estado do Rio de Janeiro e em suas regiões limítrofes, registram-se diversas ocorrências de Mn/grafita, Au e Zn/Ag, cujas expressões podem ter caráter tanto regional quanto local. No geral, as mineralizações citadas estão situadas em regiões formadas por intercalações de gnaisses aluminosos, com ou sem sillimanita, e de rochas ortogranulíticas. Nesses terrenos, afloram camadas de gnaisses grafitosos (teor de C~2%). Essas camadas podem estar acompanhadas de corpos de gonditos, alterados para óxidos-hidróxidos de manganês, como nas faixas khondalíticas Marangatu e Palma-Guaçuí, ou somente mineralizados em grafita, como na Faixa Khondalítica São Fidélis. Na Faixa Khondalítica Palma-Guaçuí, particularmente no segmento entre Palma (MG) e Laje do Muriaé (RJ), ocorre um pacote de gnaiss grafitoso sulfetado, interpretado como um antigo folhelho negro, com cerca de 20 km de extensão, contendo mineralizações auríferas. O ouro ocorre na forma livre e como inclusões (ouro invisível) em piritas dos tipos framboidal (singenética), flor de girassol (diagenética) e maciça (metamórfica). A sequência metassedimentar à qual se relaciona a mineralização de zinco de Rio Claro (possivelmente uma extensão da Faixa Khondalítica Marangatu) é bastante semelhante àquelas encontradas em depósitos canadenses sedimentares-exalativos de Zn-Pb-Ag, do tipo Shuswap e Monash. As rochas sílico-carbonáticas da Unidade Lídice, que encerram as zonas sulfetadas, foram geradas em ambiente plataformal raso, possivelmente com um componente evaporítico.

Palavras Chave: Terrenos khondalíticos, manganês, grafita, ouro, zinco.

Abstract: KHONDALITIC TERRAINS: MAIN DOMAINS FOR MANGANESE, GRAPHITE, GOLD AND ZINC IN THE STATE OF RIO DE JANEIRO AND SURROUNDING REGIONS. Khondalite terrains represent a significant element in areas with granulite/UHT facies and the gneiss rocks that occur associated to these complexes are, especially, aluminous type. These terrains represent a history of crustal accretion, occurring in suture zones of continental masses as, for example, in those which contributed to the formation of the supercontinent Gondwana. In khondalite terrains in the State of Rio de Janeiro and in its neighboring regions, there are several occurrences of Mn/graphite, Au and Zn/Ag, whose expressions may have both regional and local character. In general, those mineralizations are located in regions consisting of intercalation of aluminous gneiss, with or without sillimanite, and of orthogranulite rocks. In those terrains, layers of graphitic gneiss (C content ~ 2%) arise. Such layers may be accompanied by gondite bodies, changed to oxide-hydroxide of manganese, as in Marangatu and Palm-Guaçuí Khondalitic Belts, or only mineralized in graphite, as in São Fidelis Khondalitic Belt. In Palma-Guaçuí Khondalite Belt, particularly in the segment between Palma (MG) and Laje do Muriaé (RJ), there is a set of sulphide graphite gneiss, considered as an ancient black shale, about 20 km long, containing auriferous mineralizations. Gold occurs in free form and as inclusions (invisible gold) in pyrites of framboidal type (syngenetic), sunflower type (diagenetic) and massive type (metamorphic). The metasedimentary sequence to which Rio Claro zinc mineralization relates (possibly an extension of Marangatu Khondalitic Belt) is quite similar to those found in sedimentary-exhalative Canadian deposits of Zn-Pb-Ag, Shuswap and Monash types. Silic-carbonate rocks of Lidice Unit, which delimit the sulfide zones, were generated in shallow platformal environment, possibly with a evaporitic component.

Keywords: Khondalitic terrains, manganese, graphite, gold, zinc.

1. INTRODUÇÃO

Terrenos de alto grau metamórfico correspondem a uma porção significativa do território brasileiro, sendo representados, dentre outros, pelo Cinturão Granulítico de Goiás e pelos complexos Juiz de Fora, Migmatítico-Granulítico de Minas Gerais e Granulíticos de Santa Maria e de Santa Catarina. De modo geral, esses terrenos não são alvos de trabalhos sistemáticos que visam a

estabelecer o seu real potencial metalogenético, em função da enorme dificuldade que se tem para caracterizar, com boa margem de certeza, tanto os diferentes ambientes tectônicos como reconhecer os efetivos protólitos dos tipos rochosos neles encontrados. Soma-se a isso o reduzido número de depósitos de minerais metálicos e não metálicos de uso industrial que estão associados a essas faixas de alto grau metamórfico, embora se saiba que, em outros países, terrenos desse tipo podem encerrar jazidas de classe mundial como, por exemplo, os depósitos australianos de ouro do tipo IOCG (e.g.,

doi: [10.18285/geonomos.v24i1.827](https://doi.org/10.18285/geonomos.v24i1.827)

Olympic Dam) e de metais base do tipo VMS-BHT (e.g., Broken Hill).

Sabe-se ainda que determinados terrenos de alto grau metamórfico, como os do tipo khondalítico, podem conter uma série de depósitos minerais metálicos e industriais, como óxidos de ferro e manganês, bauxito, fosfato e grafita, além de encerrarem cinturões gemológicos contendo rubi, safira e crisoberilo (dentre outras gemas), como no Sri Lanka e em Madagascar. Nos terrenos khondalíticos da Índia (Kerala) e da China (cráton do Norte da China) encontram-se alguns dos mais importantes depósitos mundiais de grafita, com as reservas chinesas próximas a 1 Bt. Da mesma forma, algumas das mineralizações em grafita brasileiras também são relacionadas a rochas khondalíticas, como em São Fidélis, estado do Rio de Janeiro (Santos, 2008) e no Distrito Grafítico de Aracoiába-Baturité, no estado do Ceará (Fragomeni, 2011).

O presente trabalho visa a fazer uma revisão bibliográfica e a ressaltar o potencial metalogenético dos terrenos de alto grau metamórfico encontrados no estado do Rio de Janeiro e em suas regiões limítrofes, relacionando-os a terrenos khondalíticos e indicando algumas faixas, neles contidos, favoráveis à presença de mineralizações de manganês, grafita, ouro e zinco.

2. CONTEXTO GEOTECTÔNICO DA FAIXA RIBEIRA

A região enfocada encontra-se a sul/sudeste do Cráton do São Francisco, no domínio das províncias tectônicas Tocantins e Mantiqueira. Estas contêm, respectivamente, as faixas neoproterozóicas Brasília e Ribeira/Araçuai, relacionadas ao evento orogênico Brasileiro, desenvolvido de 650 a 540 Ma (Heilbron *et al.*, 2004). O Cinturão Mineiro, presente na borda meridional do Cráton do São Francisco, corresponde a um domínio de idade arqueana submetido à deformação paleoproterozóica (Alkmin & Noce, 2006).

Mais especificamente, a compartimentação tectônica proposta para a região considerada corresponde à da Faixa Ribeira (Figura 1) que, no seu segmento central, compreende quatro terrenos tectono-estratigráficos, que estão imbricados para NWW, em direção ao cráton do São Francisco. Esses são representados pelos terrenos Ocidental, Oriental e Paraíba do Sul, relacionados ao evento Ribeira (ca. 580 Ma) e, em uma colagem mais tardia (Ca. 520 Ma) pelo Terreno Cabo Frio, relacionado a Orogenia Búzios (Trouw *et al.*, 2000; Heilbron *et al.*, 2004; Schmitt *et al.*, 2004).

O Terreno Ocidental, interpretado como retrabalhamento da margem do Cráton do São Francisco, é formado pelos domínios Juiz de Fora e Andrelândia e abrange intercalações tectônicas

entre as rochas do embasamento pré-1,7 Ga (Complexo Juiz de Fora) e as rochas metassedimentares neoproterozóicas da Megassequência Andrelândia (1,0 a 0,79 Ga), metamorfasadas em fácies granulito (Tupinambá *et al.*, 2007). Para esses autores, essa interdigitação tectônica ocorre tanto em escala regional quanto em nível de afloramento, e esses dois conjuntos exibem forte foliação milonítica e paragêneses metamórficas indicativas de retrogressão. A Megassequência Andrelândia apresenta litotipos metapelíticos de alto grau, correspondentes a granada-plagioclásio gnaisses e granada-biotita gnaisses bandados, às vezes com sillimanita, que estão intercalados com gonditos, rochas calcissilicáticas e quartzitos. O Complexo Juiz de Fora é, por sua vez, representado por um conjunto de ortogranulitos gnaissificados com composições variando entre gabros, dioritos, tonalitos e granodioritos. Os protólitos das rochas desse complexo incluem granitóides calcio-alcalinos representantes de arco magmático cordilheirano e de arcos de ilhas, bem como granitos colisionais.



Figura 1. Localização das áreas mineralizadas em relação à Faixa Ribeira (modificado de Tupinambá *et al.* 2007). Área 1 (ouro, grafita / manganês) = Palma (MG) - Laje do Muriaé (RJ) - Guaçuí (ES); área 2 (manganês / grafita) = Volta Grande (MG) - Itaperuna (RJ); área 3 (grafita) = São Fidélis; área 4 (Zn-Ag) = Lídice - Rio Claro.

O Terreno Paraíba do Sul é constituído por ortognaisses do Complexo Quirino, e a cobertura apresenta rochas metassedimentares representadas por biotita-granada-sillimanita gnaisses do Grupo Paraíba do Sul. O Terreno Oriental compreende os domínios Cambuci, Costeiro e a Klippe de Italva, e estão associados ao desenvolvimento de arcos magmáticos neoproterozóicos. O domínio Cambuci e a Klippe de Italva representam as bacias ante-arco e retro-arco, respectivamente, enquanto o Domínio Costeiro aloja o Arco Magmático Rio Negro (Heilbron *et al.*, 2004; Tupinambá *et al.*, 2007).

3. TERRENOS KHONDALÍTICOS

O termo khondalito foi primeiramente utilizado para designar uma suíte constituída por quartzo-granada-sillimanita±grafita gnaisses, granada gnaisses, gnaisses quartzo-feldspáticos e quartzitos, que hospedam 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. Nas décadas recentes, os terrenos khondalíticos vêm sendo caracterizados particularmente na China (Wan *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2009) e, paulatinamente, essa denominação vem se firmando no panorama geológico mundial.

Terrenos khondalíticos representam típicos complexos metamórficos encontrados em províncias de alto grau, que foram formadas durante os estágios iniciais de evolução crustal. No geral, as faixas khondalíticas representam um significativo componente de terrenos de fácies granulito/UHT, sendo os gnaisses que ocorrem associados a essas faixas correspondem, principalmente, a tipos aluminosos.

Na Índia, no Cinturão Khondalítico Kerala, as rochas khondalíticas estão subdivididas em dois conjuntos representados por granada-biotita-(±grafita) gnaisses e granada-sillimanita-biotita-(±grafita) gnaisses (Wilde *et al.*, 1999), enquanto 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). Os protólitos das rochas khondalíticas de Kerala derivam de arenitos, arcóseos e sedimentos pelíticos, o que atesta a sua origem paraderivada, porém não se descarta a presença de unidades vulcânicas intercaladas a esses litotipos (Chacko *et al.*, 1988). Na China, os protólitos dos gnaisses aluminosos que constituem os cinturões khondalíticos do segmento ocidental de Altyn Tagh correspondem a rochas sedimentares pelíticas e pelito-arenosas ricas em alumina (Zhang *et al.*, 2000). Já na Finlândia os litotipos khondalíticos derivam de sedimentos do tipo grauvacas (Barbey *et al.*, 1992), além de argilitos, arenitos, rochas carbonáticas e rochas vulcânicas andesíticas e riolíticas (Hanski & Huhma, 2005). Os análogos modernos das associações litológicas pelito-arcósio observadas na Faixa Khondalítica Kerala ocorrem em rifts intracratônicos e em rifts de margens continentais (Chacko *et al.*, 1988).

No Brasil, rochas khondalíticas foram reconhecidas no sul de Minas Gerais (Ebert, 1968), na Bahia, nas regiões de Canavieiras e Rio Pardo (CPRM, 1977; DNPM, 1987), no Ceará, em Granja

(Santos *et al.*, 2001) e em Aracoíaba (Fragomeni, 2011; Fragomeni & Pereira, 2012), e no Rio de Janeiro, em São Fidélis (Santos, 2008) e em Santo Antônio de Pádua - Itaperuna (Pereira & Guimarães, 2012).

No presente estudo (Figura 2) considera-se que essas ocorrências de rochas khondalíticas estão distribuídas no que se acredita ser a extensão, para o continente sul-americano, dos terrenos desse tipo encontrados nas zonas de junções/suturas das massas continentais formadoras do supercontinente Gondwana (Wild *et al.*, 1999). Na China, terrenos khondalíticos tomam parte na história de acreção crustal continental tanto no paleoproterozoico a ~1,93 Ga (Yin *et al.*, 2007), quanto no neoproterozoico a ~0,5 Ga, este último já relacionado à orogenia Pan-Africana (Zhou & Wilde, 2013).

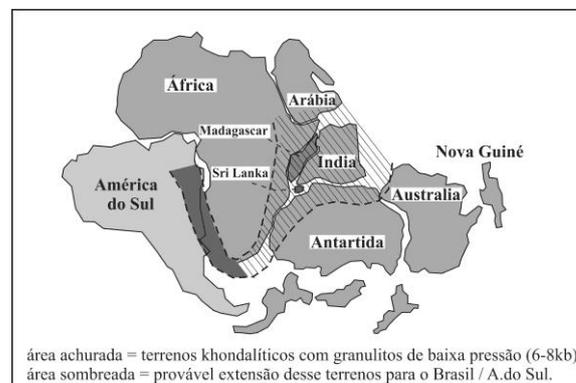


Figura 2. Proposta de distribuição dos terrenos khondalíticos no Brasil envolvendo o Supercontinente Gondwana (modificado de Wilde *et al.*, 1999).

De um modo mais específico, com relação à Faixa Ribeira, considera-se que as regiões constituídas por intercalações de rochas metassedimentares aluminosas e ortogranulíticas, presentes tanto no Terreno Oriental quanto no Terreno Ocidental, representam Terrenos Khondalíticos, aqui designados como terrenos khondalíticos Oriental e Ocidental. No setor Ocidental, os terrenos khondalíticos estão representados pelas rochas metassedimentares da Megassequência Andrelândia e ortogranulíticas do Complexo Juiz de Fora, enquanto no setor Oriental as rochas metassedimentares e ortogranulíticas estão associadas ao Domínio Cambuci, constituídos pelas unidades Bela Joana e Catalunha.

4. MINERALIZAÇÕES MANGANESÍFERAS E GRAFITOSAS

Associadas aos terrenos khondalíticos dispostos em território fluminense e regiões limítrofes há diversas ocorrências manganésíferas derivadas da laterização de camadas e corpos lenticulares de gonditos (Figura 3). Geralmente, essas ocorrências

podem ser agrupadas formando faixas manganíferas-graftitosas de grande extensão linear, orientadas segundo a foliação regional NE-SW e paralelas entre si (Figura 4). Uma dessas faixas vai dos municípios de Volta Grande (MG) a Itaperuna (RJ), passando por Estrela D'Alva / Pirapetinga (MG) e Santo Antônio de Pádua (RJ); a outra faixa inicia em Palma (MG), atravessa o estado do Rio de Janeiro (Natividade e Varre Sai) e prolonga-se até o Espírito Santo, passando por Guaçuí e, provavelmente, estendendo-se até Iúna.

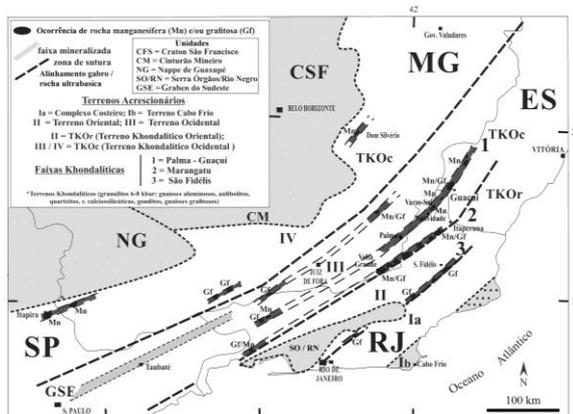


Figura 3. Distribuição dos Terrenos Khondalíticos do Estado do Rio de Janeiro e das regiões limítrofes aos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, e as principais ocorrências manganíferas-graftitosas.

A faixa que se estende de Volta Grande (MG) a Itaperuna (RJ) está situada no limite entre os terrenos khondalíticos Ocidental e Oriental e foi denominada de Faixa Khondalítica Marangatu (Pereira & Guimarães, 2012). Nela afloram pequenos corpos lenticulares de gonditos grafitosos, em parte contidos em um conjunto de rochas interpretadas como metavulcanossedimentares, que são representadas por gnaisses aluminosos (portadores ou não de grafita), anfíbolitos e rochas exalíticas. Nessa faixa, pequenos depósitos e ocorrências formam um extenso horizonte mineralizado com cerca de 100 km de comprimento e cerca de 6 quilômetros de largura. Os corpos manganíferos têm caimento subvertical para SE ou NW, extensões de poucas dezenas metros e cerca de dois a três metros de espessura. Todos os depósitos e ocorrências são bastante similares entre si, sendo formados basicamente por psilomelana, pirolusita e grafita. Os teores do minério são variáveis, registrando-se até 56% de MnO para o depósito da fazenda Bela Vista, em Volta Grande (MG), um dos poucos depósitos lavrados para manganês. Teores significativos de cobalto (800 ppm) estão associados a alguns desses corpos manganíferos (Guimarães, 2011). Os demais corpos presentes na faixa foram explorados para grafita como, por exemplo, o de Bom Sucesso, em Santo Antônio de Pádua. No geral,

a porcentagem de grafita nesses depósitos varia entre 5 % e 15% do total da rocha (Scorza, 1931).

As ocorrências manganíferas da Faixa Khondalítica Palma-Guaçuí (Iúna) estão situadas no Terreno Khondalítico Ocidental e são encontradas desde o município de Palma (MG), passando pelos municípios de Natividade e Varre Sai (RJ). Aparentemente, em território fluminense não têm expressão econômica. Representam, no geral, pequenas lentes de gonditos não grafitosos, parcialmente alterados para óxidos-hidróxidos de Mn. Essas ocorrências manganíferas só têm uma maior expressão na região de Guaçuí (ES) onde ocorrem distribuídas de modo descontínuo pelas áreas de São Romão, São Felipe, Santa Marta, dentre outras. Os corpos de gonditos têm espessuras em torno de 3 metros, extensões aflorantes em torno de uma centena de metros, atitude N50o E/50o NW e sempre muito fraturados. Nesses prospectos há uma mistura entre óxidos-hidróxidos de Mn e gondito, encontrando-se o minério em bolsões ou preenchendo fraturas da rocha, o que, de acordo com Coelho (1953) e Grossi Sad (1982), além de produzir reflexos no volume do minério e no baixo teor de MnO contido, indicaria que os corpos não foram completamente laterizados. A hipótese aqui considerada é a de que as condições climáticas necessárias para dar início ao processo de laterização demoraram a ser estabelecidas.

A presença de delgados níveis de silcretos encontrados em restos de antigo peneplano desenvolvido na região de Guaçuí, subjacentes a pacotes de colúvio argiloso de coloração avermelhada que contêm finos níveis de ferricrete, apontam para variações entre clima árido e úmido nesta região, e podem corroborar a proposta acima referida. De acordo com Fontanelli (2007), ao final do Cretáceo as rochas de alto grau metamórfico desta região já afloravam e estavam submetidas à intemperismo físico em clima árido. Provavelmente, esta condição persistiu até o Paleógeno, estabelecendo-se o clima úmido somente a partir do Quaternário.

As reservas de minério, com teor de MnO variando de 35 % a 50%, foram estimadas entre 5 a 10 milhões de toneladas (Abreu, 1973; Fonseca et al., 1979). A nosso ver elas são, provavelmente, bem mais modestas, pois cabe ressaltar que, para um dos prospectos mais promissores da região (Alto do Geraldino), a estimativa foi de apenas 20.000 t de minério (Coelho, 1953).

Em todos os terrenos khondalíticos assinalados ocorrem pacotes de gnaisses grafitosos, portadores de grafita do tipo flake. Na área de Marangatu (Santo Antônio de Pádua) aflora um pacote com cerca de 12 metros de espessura, que apresenta

teores de até 2% de C. Esse pacote se estende por cerca de 40 km até as imediações do distrito de Cubatão, município de Itaperuna. Provavelmente pacotes mais grafitosos com teores de C ainda mais altos poderão ser encontrados na região, conforme evidenciado por blocos rolados de um gnaiss quartzoso e grafitoso (até 9% C) encontrados nas proximidades da fazenda Palmital (Pereira & Guimarães, 2012).

No segmento entre Palma e Guaçuí a grafita, do tipo flake, está associada a granada-sillimanita-biotita gnaisses (teor de até 2% de C), constituindo pacotes com extensões quilométricas e espessuras estimadas em duas dezenas de metros (Pereira & Guimarães, 2012).

Na região de São Fidélis os granada gnaisses migmatíticos da Unidade Catalunha, ao qual estão relacionadas as zonas mineralizadas em grafita, foram reconhecidos como tipos khondalíticos (Santos, 2008). No presente trabalho, associadas aos gnaisses, foram encontradas faixas com largura de até um quilômetro contendo rochas piroxeníticas/diopsídicas, anfibolíticas, gnaisses aluminosos, gnaisses grafitosos, rochas calciossilicáticas e quartzitos (Figura 4). Nesse conjunto, denominado de Faixa Khondalítica São Fidélis, há uma marcante ausência de ocorrências manganêsíferas.

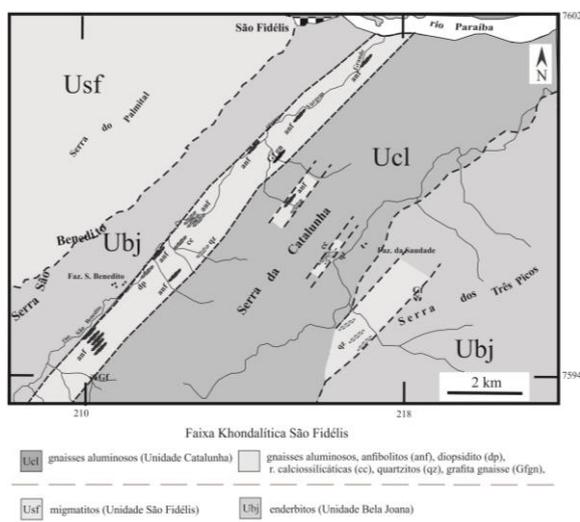


Figura 4. Mapa geológico esquemático da região ao sul de São Fidélis, Estado do Rio de Janeiro, envolvendo a Faixa Khondalítica São Fidélis.

Essa faixa estende-se, provavelmente, de São Fidélis até a região de Guapimirim. As principais ocorrências de grafita desta faixa estão concentradas no município de São Fidélis, nas áreas de São Benedito, Colégio e Caxoxo. Em São Benedito, a grafita tem caráter epigenético, ocorrendo em bolsões ou veios encontrados no contato entre o granada gnaiss e o enderbito da Unidade Bela Joana. Essa grafita foi, provavelmente,

remobilizada do pacote de gnaiss grafitoso situado nas proximidades da zona mineralizada.

5. MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS

Em solo fluminense e adjacências quase todas as ocorrências auríferas registradas são secundárias e encontram-se associadas às aluviões depositadas nos leitos ativos dos grandes rios que cortam o estado, como o Paraíba do Sul e alguns de seus mais importantes afluentes (rios Preto, Muriaé e Pomba).

São raras, a quase inexistentes, as referências sobre a presença de mineralizações primárias de ouro. Uma das poucas referências documentadas corresponde à de Palma (MG), área fronteira com o Estado do Rio de Janeiro, onde o ouro não só foi encontrado nos depósitos aluvionares de drenagens de pequeno porte, na forma de pequenos grãos e palhetas diminutas, como também foi observada a presença de mineralização primária que, de acordo com Ferraz (1904, 1928), está associada a "gnaisses granitóides piritosos, quartzitos e em pequenos núcleos piritosos contido em gnaiss granitóide sienítico".

Nessa região há registros da extração de ouro muito fino (-80 mesh) nas aluviões depositadas em córregos e nos ribeirões pertencentes às bacias dos rios Pomba e Muriaé (Freise, 1908; Oliveira, 1936; Lamego, 1946). As antigas áreas explotadas (Congelação/Capivara, Fazenda da Lavra, da Fortuna, Fazenda do Pontão, Sampaio, Morro Alto e Fazenda Boqueirão) e demais ocorrências registradas localizam-se nas proximidades das cidades mineiras de Palma, Silveira Carvalho, Barão de Monte Alto, bem como de Laje do Muriaé, no estado do Rio de Janeiro, e distribuem-se segundo a direção NE. Os ribeirões e córregos indicados como mineralizados drenam os dois flancos das serranias que se dispõem ao longo dessa direção, sendo representadas pelas serras da Água Limpa, Goiabal e Boqueirão.

O segmento Palma (MG) e Laje do Muriaé (RJ), parte da Faixa Khondalítica Palma-Guaçuí, encontra-se no Domínio Tectônico Juiz de Fora (Terreno Ocidental) e nela o embasamento granulítico, representado pelo Complexo Juiz de Fora, ocorre interdigitado com gnaisses pelíticos e semipelíticos da Megassequência Andreilândia (Noce & Romano, 2002). A área apresenta uma foliação que obedece ao strike da Faixa Ribeira, com ângulo de mergulho médio, variando entre 40° e 75°. Uma falha de caráter transversal, com direção N50oW, secciona as unidades da área de estudo bem como a unidade sulfetada, onde se encaixa o Córrego São Pedro.

Os principais litotipos da Megassequência Andreilândia correspondem a granada-biotita-sillimanita-grafita gnaisses, onde os teores em carbono variam entre 0,27 % C e 1,0 % C. Esses

gnaisse (aqui considerados como derivados de grauvas e, possivelmente, com rochas vulcânicas associadas) apresentam-se com fácies ora mais psamíticas, ora mais pelíticas, e associam-se a níveis de anfibolitos (com até 10 metros de espessura), a pequenos corpos de quartzitos foliados a maciços, encontrados entre Palma e Silveira Carvalho, e a lentes de rochas calcissilicáticas. Gonditos, parcial ou integralmente transformados para óxidos-hidróxidos de Mn, que podem ou não conter grafita, também foram determinados na região (Figura 5). Diques pegmatíticos contendo turmalina, quartzo citrino e finos cristais de columbita-tantalita cortam não só as rochas da Megassequência Andrelândia bem como o seu embasamento.

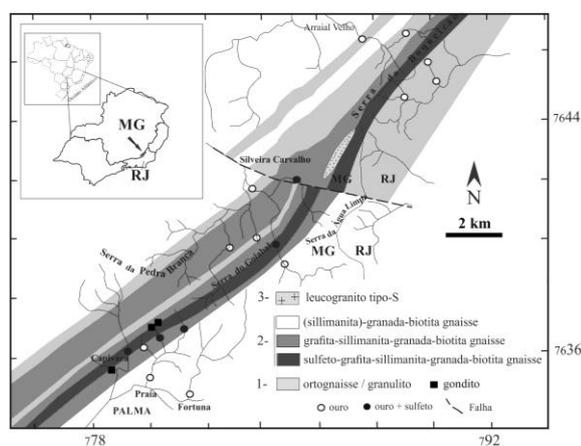


Figura 5. Mapa Geológico esquemático com a distribuição do ouro aluvionar da região de Palma (MG) e Laje do Muriaé, RJ (modificado de Ramos, 2014). 1 = Complexo Juiz de Fora; 2 = Megassequência Andrelândia; 3 = Granito sintectônico.

De Palma a Laje do Muriaé encontra-se, por cerca de 20 quilômetros, um pacote de direção NE-SW, com largura em torno de 500 m, constituído por dois gnaisses sulfetados (Ramos, 2014; Pereira et al., 2014). Um exhibe bandamento gnáissico, com partes máficas compostas por biotita, granada, sillimanita, monazita e grafita (teor na rocha de até 1,9% de C) e partes félsicas quartzo-feldspáticas. Para Tourtelot (1979), rochas com teor de carbono igual ou maiores do que 1% seriam enquadradas como black shales, fato que permite considerar o protólito do gnaisse com grafita como um folhelho negro. A granada tem cor violeta (piropo?), até 5 milímetros de tamanho e contém inclusões de pirita e grafita. A grafita do tipo flake, junto com a biotita, acompanha os planos de foliação da rocha. A mineralização sulfetada também acompanha a foliação, preenche as microfaturas da rocha e as clivagens da grafita e, juntamente com esta, bordejando os porfiroblastos de granada. Análises efetuadas em MEV-EDS permitiram constatar que, além da pirita (por vezes, níquelífera), também ocorrem pirrotita e calcopirita, de forma subordinada. Barita também está presente. As inclusões minerais contidas na pirita são de

calcopirita, galena, cobaltita (CoAsS), provável siegenita (CoNi₂S₄) e ouro.

O segundo granada gnaisse sulfetado que compõe a faixa corresponde a um tipo não bandado, mais escuro, bastante biotítico e sem grafita. Sua composição mineralógica é constituída, basicamente, por quartzo, feldspato, granada e biotita. Os sulfetos, que estão em menor proporção do que os encontrados na rocha anterior, não são visíveis à vista desarmada, mas análises por MEV-EDS permitiram constatar a marcante presença de pirrotita na rocha e, de maneira mais restrita, esfalerita. A pirrotita muito fina é o principal sulfeto e está disseminada na rocha. Na composição da pirrotita constatou-se somente Fe e S, mas suas microinclusões são variadas e compostas por teluróbismutita (Bi₂Te₃) e melonita (NiTe₂), esfalerita, calcopirita, pirita, pentlandita [(Ni,Fe)₉S₈] e siegenita (CoNi₂S₄).

O ouro está relacionado à camada de gnaisse grafitoso e piritoso e, presumivelmente, foi introduzido em conjunto com o ferro (± cobre, zinco, chumbo, telúrio, bismuto, prata, platina, níquel e cobalto) e com a matéria carbonosa. Com tal, a mineralização foi considerada como tendo caráter estratiforme. No geral, o ouro da área é puro, porém algumas das palhetas analisadas podem apresentar até 3% de Ag e Pt. Grãos de electrum também foram determinados (Figura 6A).

Sugerem-se dois estágios principais de formação da pirita e do ouro: sedimentar e metamórfico. O primeiro estágio é representado pela pirita framboidal Py1 (singenética - Figura 6B) e pela pirita Py2 do tipo flor de girassol (diagenética - Figura 6C), ambas contendo minúsculas partículas de ouro: o denominado ouro invisível (Figuras 6C, 6D e 6E). Geralmente as texturas deposicionais primárias e diagenéticas somente são preservadas até o fácies xisto verde (Mcclay & Ellis, 1983; Parr, 1994; Pitcairn et al., 2010). Desta forma, as texturas coloidal e framboidal das piritas determinadas na área de Palma, que foi submetida às condições de fácies granulito, não são usuais.

O segundo estágio foi subdividido em: fase regional, responsável pela geração da pirita mais recristalizada do tipo Py3 que pode tanto guardar resquícios dos framboides (Figura 6F), quanto apresentar inclusões de ouro; e fase dinamotermal, que é concomitante a um processo hidrotermal, remobilizando a pirita (Py4) que preencheu as fraturas da rocha. A formação de barita, bem como a remobilização do ouro com a formação das partículas de ouro livre, deu-se, possivelmente, nesse último estágio. Assim, também são admitidos um componente epigenético e um caráter strata-bound para a mineralização aurífera da área.

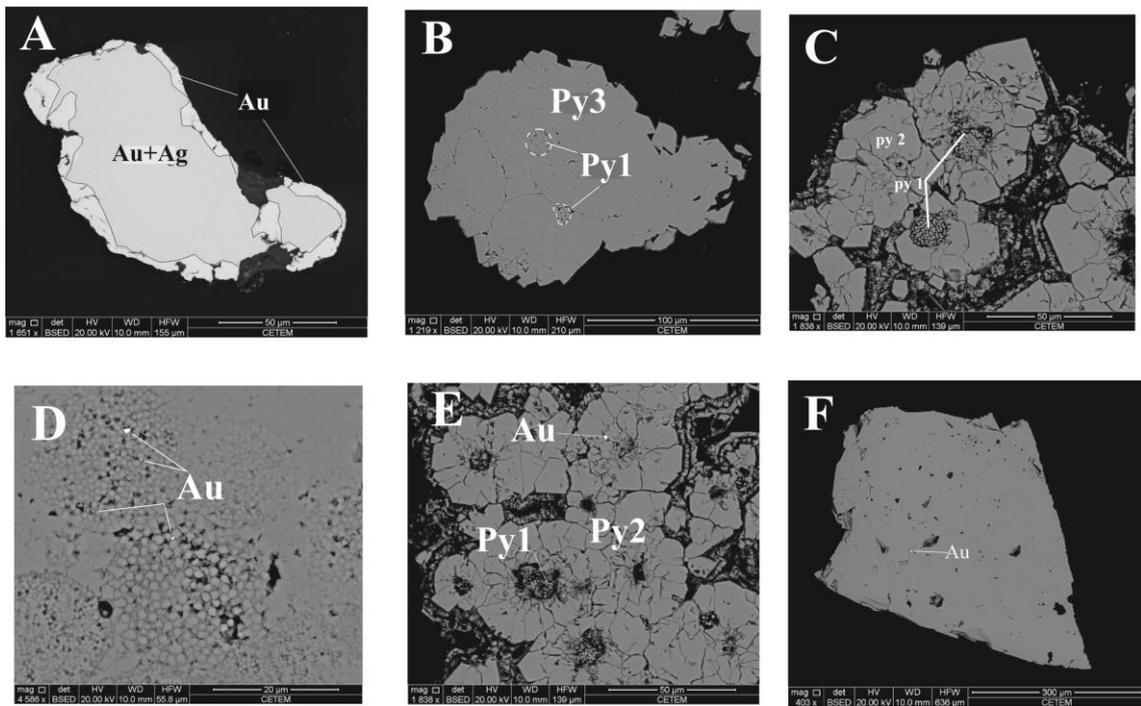


Figura 6. *Imagens de Back scattered electron: A) Palheta de electrum mostrando bordas mais enriquecidas em ouro; B) Relictos de framboides (Py1) na pirita metamórfica (Py3); C) Pirita diagenética (Py2) do tipo flor de girassol com núcleos de pirita framboidal; D) Pirita framboidal (Py1) com inclusões de ouro; E) Pirita diagenética tipo flor de girassol (Py2) com inclusão de ouro; F) Pirita maciça, metamórfica (Py3) com inclusão de ouro.*

6. MINERALIZAÇÕES DE ZINCO E PRATA

O depósito de pirita de Rio Claro é conhecido desde a década de 30 do século passado, quando foi aberta na região uma mina para a exploração desse mineral. Na década de 70 a área foi alvo de pesquisas voltadas para a presença de Zn e Pb associada à massa piritosa.

Nas principais áreas mineralizadas como Colengo, Córrego Paraguai, Rio das Canoas e Córrego Passa Dezoito, a mineralização sulfetada apresenta-se constituída por pirita (Córrego Paraguai), pirrotita + pirita (Colengo, Rio das Canoas e Passa Dezoito) seguida de esfalerita e quantidades menores de calcopirita, galena e prata. As mineralizações ocorrem disseminadas em/ou associadas a veios de quartzo (Riofinex, 1977). O controle da mineralização, considerado como litológico, encontra-se sempre próximo ao contato entre as faixas lenticulares de quartzito e de um granada-biotita gnaiss porfiroblástico. Veios com sulfetos preenchendo estruturas rúpteis são constatados somente nas áreas de Córrego Paraguai e Colengo.

As reservas calculadas apontaram para o caráter subeconômico do prospecto, sendo os teores médios de 2% Zn, 0,3% Pb e 50 ppm Ag. A reduzida espessura e a falta de continuidade das camadas mineralizadas corresponderam aos fatores que contribuíram para a avaliação negativa do prospecto, sendo que as reservas medidas e

indicadas foram de 1.600 t e 9.200 t de Zn, respectivamente (Riofinex, 1977).

Com relação ao enquadramento tipológico do depósito, o mesmo foi considerado como hidrotermal (Abreu & Oliveira, 1934), metamórfico de contato (Sousa, 1939; Leonardos, 1942) e singenético (Suszczyński, 1975; Fonseca *et al.*, 1979). Foram propostos dois modelos: Mississippi Valley, só que em grau metamórfico mais alto e tendo como exemplo o depósito do Distrito de Balmat-Edwards, EUA (Riofinex, 1977), e o sedimentar exalativo (Chaves, 1987).

A região de Rio Claro (Figura 7) está situada no Terreno Ocidental e nela têm-se intercalações tectônicas entre as rochas do embasamento com idades pré-1,7 Ga (do Complexo Juiz de Fora) e rochas metassedimentares neoproterozóicas da Megassequência Andrelândia (Heilbron *et al.*, 2007). Todo esse conjunto, que provavelmente corresponde a extensão sul da Faixa Khondalítica Marangatu, está disposto segundo a direção NE-SW e em concordância com a orientação geral da Faixa Ribeira. As unidades metassedimentares sobrepostas às rochas ortogranulíticas e ortognáissicas são constituídas por granada-biotita gnaisses bandados, às vezes com sillimanita, biotita gnaisses, granada-plagioclásio gnaisses, magnetita gnaisses, grafita gnaisses, quartzitos puros, magnetita quartzitos, rochas calcissilicáticas e rochas manganíferas (Dutra, 2013).

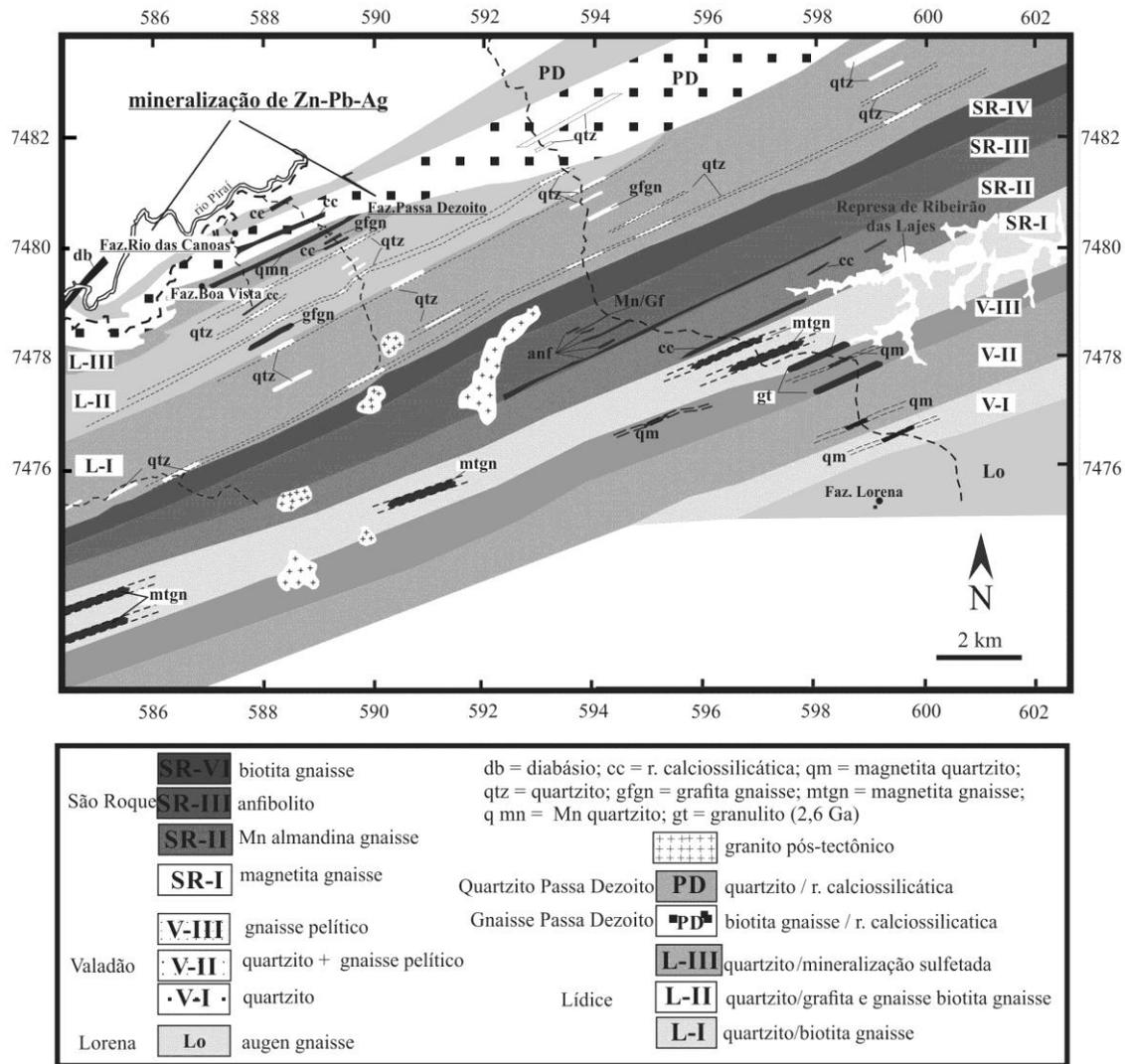


Figura 7. Mapa geológico esquemático da região de Rio Claro (modificado de Dutra, 2013).

A Unidade Lídice é a mais importante e encerra a mineralização sulfetada. Ela é constituída por quartzitos e rochas calciossilicáticas na sua porção superior, e por biotita gnaisses, quartzitos, mármore calcíticos e grafita gnaiss na parte inferior. Seus litotipos estão, possivelmente, relacionados a dois paleoambientes de sedimentação distintos. O ambiente mais profundo está representado por ciclos de deposição rítmica, derivados de correntes de turbidez que originaram pacotes de rochas pelíticas, intercaladas com camadas de rochas psamíticas, respectivamente transformadas em gnaisses e quartzitos. Esses gnaisses são feldspáticos e biotíticos e foram considerados como originados de arcósios e grauvas com proveniência ligada a detritos vulcânicos andesíticos (Riofinex, 1977). Em direção ao topo as rochas gradam para fácies relacionada a um ambiente plataformal cada vez mais raso, sendo representadas por pacotes quartzíticos, além de rochas sílico-carbonáticas e, possivelmente, evaporíticas, depositadas em ambiente do tipo sabkha.

Com relação ao enquadramento tipológico do depósito, a sua comparação com o depósito de Balmat, hoje considerado como do tipo SEDEX (Larivière & Gauthier, 2007), não parece ser tão evidente, em virtude de, em Rio Claro, não haver registros de pacotes francamente carbonáticos nem de níveis espessos de anidrita associados com a sequência sedimentar que hospeda aquele depósito (de Lorraine, 2001).

A principal rocha hospedeira da mineralização sulfetada na área de Rio Claro corresponde a quartzito. Rochas desse tipo foram descritas nos depósitos de zinco de Big Ledge, associado ao Complexo Metamórfico Shuswap, e no depósito de Sherpa associado ao Complexo Monashee, presentes na Columbia Britânica, Canadá (Höy, 1985; Thompson & Daughtry, 2000). Os demais litotipos encontrados nesses dois complexos correspondem a rochas plataformais intensamente metamorfasadas e deformadas, transformadas em quartzitos, sillimanita gnaisses, gnaisses calciossilicáticos, quartzo-feldspato gnaisses e rochas calciossilicáticas (Höy, 1985).

O depósito de Rio Claro é semelhante não só aos depósitos acima citados, bem como a vários outros presentes nos complexos canadenses Shuswap e Monash, como Jordan River, Ruddock Creek, Colby e CK, cujo contexto geológico é bastante similar. Os referidos depósitos são sedimentares exalativos e, em virtude de características próprias, foram considerados como um sistema mineralizado a Zn-Pb-Ag do tipo Shuswap (Höy, 1987; Goodfellow & Lyndon, 2007). Essa semelhança encontra suporte inclusive no tipo de sulfeto de ferro presente, pois sabe-se que, nos depósitos SEDEX, em geral, a pirita (ao lado da esfalerita e da galena) representa o sulfeto mais comum (Large *et al.*, 2005). Entretanto, é a pirrotita que predomina sobre a pirita nos depósitos SEDEX de Zn-Pb-Ag do tipo Shuswap (Höy, 1985).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto, boa parte dos terrenos de alto grau metamórfico, constituídos por gnaisses aluminosos e rochas granulíticas, encontrados no Estado do Rio de Janeiro e nas regiões limítrofes, podem ser considerados como terrenos khondalíticos. Esses terrenos encerram faixas mineralizadas em manganês, grafita e ouro, com expressão regional, além de uma faixa, com expressão local, portadora de mineralizações de Zn-Ag. Os modelos tipológicos descritos e considerados no presente trabalho, do ponto de vista metalogenético, são muito interessantes.

Faixas khondalíticas têm significativa importância no que tange à presença de mineralizações de grafita, como na Índia e na China, onde se encontram depósitos de classe mundial; o ouro invisível, associado a sulfetos em black shales, constitui um modelo bastante promissor para tal tipo de mineralização; os depósitos SEDEX de Zn-Ag do tipo Shuswap e Monash da Colúmbia Britânica não só encontram-se na relação das áreas produtoras de metais base, bem como representam importantes marcos metalogenéticos para esse tipo de mineralização no Canadá.

Dessa forma, os terrenos khondalíticos merecem ser melhor estudados e detalhados em relação ao seu conhecimento geológico e do ponto de vista econômico, não só no território fluminense e regiões limítrofes, como nas demais porções do território brasileiro onde eles ocorrem. Metalogeneticamente, faz-se necessário uma melhor caracterização das rochas que constituem essas faixas - neste caso com a identificação mais precisa dos seus protólitos - para diferenciar os seus diferentes ambientes (paleogeográficos, paleoambientais e geotectônicos) de formação.

Sob o olhar econômico, há a necessidade de se efetuar os levantamentos prospectivos pertinentes nas áreas de alto grau metamórfico, pois seria contraproducente para a pesquisa mineral olvidar essas extensas áreas presentes em nosso território.

8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos revisores, aos Editores da Revista Geonomos e à FAPERJ pela bolsa de Prociência do Professor Ronaldo Mello Pereira.

9. REFERÊNCIAS

- Abreu, S.F., 1973. Recursos Minerais do Brasil. Edgard Blucher, São Paulo, v. 1, 326 p.
- Abreu, S. F. & Oliveira, A.Q., 1934 . Pyritas da Fazenda Rio das Canoas, Município de Rio Claro, Estado do Rio de Janeiro. In: Pyrita (Matéria Prima para Indústrias Químicas), Irmãos Pongetti, Rio de Janeiro, p. 20-41.
- Alkmin, F. F. & Noce, C. M., 2006. The Paleoproterozoic record of the São Francisco Craton. IGCP 509 Field Workshop, Bahia and Minas Gerais, Brazil, Field guide & Abstracts, 114 p.
- Barbey, P., Capdevila, R., Hameurt J., 1982. Major and transition trace element abundances in the khondalite suite of the granulite belt of Lapland (Fennoscandia): Evidence for an early proterozoic flysch belt. *Precambrian Research*, 16(4): 273-290.
- Chacko, T.; Kumar, G. R. R.; Meen, J. K.; Rogers, J. J. W., 1988. The Kerala Khondalite Belt of Southern India: An Ensilic Mobile Belt. In: LEWIS D. ASHWAL (ed.), Workshop on the Growth of Continental Crust. LPI Technical Report 88-02, p.45-47.
- Chaves, M.L.S.C., 1987. Geologia das mineralizações sulfetadas da região de Lídice (Rio Claro - RJ). Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 61p.
- Coelho I.S., 1953. Notícias sobre a ocorrência de minério de manganês no Município de Guaçuí, Estado do Espírito Santo. Instituto de Tecnologia Industrial - ITI, Minas Gerais, Bol. 15.
- Condie, K.C., Boryta, M.D., Liu, J., Qian, X., 1992. The Origin of khondalites: Geochemical evidence from the Archean to early Proterozoic granulite belt in the North China craton. *Precambrian Research*, 59 (3-4): 207-223.
- CPRM. Mapa do Projeto Sulfetos do Rio Pardo, Área Norte, 1:100.000, 1977.
- deLorraine, W.F., 2001. Metamorphism, polydeformation an extensive remobilization of the Balmat zinc ore bodies, Northwest Adirondacks, New York. *Society of Economic Geologists Guidebook Series*, 35:25-54.
- DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto mapas metalogenéticos de previsão de recursos minerais - carta metalogenética Itapetinga/Canavieiras, escala 1:250.000, execução CPRM, 1987.
- Dutra, A.C.D., 2013. Metalogenia em terrenos de alto grau: Contexto Geológico e Propostas para o modelo de geração das mineralizações sulfetadas de Rio Claro, RJ. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Análises de Bacias e Faixas Móveis, Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 124p.
- Ebert, H., 1968. 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*, 40: 215-229.

- Ferraz, L. C., 1904. The Palma Gold-deposit. Minas Brazilian Mining Review, 1(7): 173-174. Rio de Janeiro.
- Ferraz, L.C., 1928. Compendio dos Minerães do Brasil em forma de Dicionário. Imprensa Nacional, RJ-Brasil, 645 p.
- Fonseca, M.J.G., Silva, Z.C.G., Campos, D.A., Tosatto, P., 1979. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Folhas Rio de Janeiro (SF.23), Vitória (SF.24) e Iguape (SF.23). Departamento da Produção Mineral - DNPM, Brasília, 240 p.
- Fontanelli, P.R., 2007. Proveniência dos arenitos-reservatório de água profunda do Campo de Jubarte, Bacia de Campos, Margem Continental Brasileira. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 57p.
- Fragomeni, P.R.P., 2011. 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.
- Fragomeni, P.R.P. & Pereira, R.M., 2013. The Graphite Mineralization in the Aracoiába-Baturité District (CE): Geotectonic and Metallogenetic implications. Brazilian Journal of Geology. 1: 1-5.
- Freise, F.W., 1908. As ocorrências de monazita no curso superior dos rios Muriaé e Pomba no Estado de Minas Gerais, Brasil [Die Monazitvorkommen im Gebiete des oberen Muriahé- und Pomba Flusses im Staat Minas Gerais, Brasilien]. Tradução: Margarete Hermanns Xavier. Rio de Janeiro, 1980. 43p. Datilografado. DF/DNPM - RJ/CPRM.
- Goodfellow, W. & Lyndon, J., 2007. Sedimentary exhalative (SEDEX) deposits. In: Goodfellow, W.D. (ed.). Mineral Resources of Canada: A Synthesis of Major Deposit-types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods. Geological Survey of Canada (GSC) and the Mineral Deposits Division (MDD) of the Geological Association of Canada, Special Publication 5, p. 163-183.
- Grossi Sad, J.H., 1982. Geologia das folhas Varre-Sai, Eugenópolis, Itaperuna e Miracema - RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA 32, SALVADOR, 1982. Anais, Sociedade Brasileira de Geologia, v.1, p. 86-93.
- Guimarães, P.V., 2011. Contexto geológico-geotectônico da faixa manganésifera-grafítica localizada entre Itaperuna (RJ) e Volta Grande (MG). Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis da Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 130 p.
- Hanski, E. & Huhna, H., 2005. Central Lapland Greenstone Belt. In: Lehtinen, M., Numi, P.A., Ramo, O.T (Eds.). Precambrian Geology of Finland. Key to the evolution of the Fennoscandian Shield. Developments in Precambrian Geology 14, p. 139 - 183, Elsevier.
- Heilbron, M., Pedrosa-Soares, A.C., Campos-Neto, M., Silva, L.C., Trouw, R.A., Janasi, V., 2004. A província Mantiqueira. In: V. Mantesso, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves (eds.). 2004. Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Editora Beca, São Paulo, p. 203-235.
- Heilbron, M., Almeida, J.C.H., Silva, L.G.E., Palermo, N., Tupinambá, M., Duarte, B.P., Valladares, C., Ramos, R., Sanson, M., Guedes, E., Gontijo, A., Nogueira, J.R., Valeriano, C., Ribeiro, A., Ragatky, D., 2007. Geologia da Folha Volta Redonda - SF.23-Z-A-V, escala 1:100.000: nota explicativa integrada com Santa Rita do Jacutinga, Barra do Pirai, Angra dos Reis - Rio de Janeiro/São Paulo: MME / CPRM / UERJ.
- Höy, T., 1985. The Rebar and Sherpa lead-zinc occurrences, Shuswap Complex (82L110), British Columbia Geological Survey. Geological Fieldwork, paper 1936-1, p. 57-58.
- Höy, T., 1987. Geology of the Cottonbelt lead-zinc-magnetite layer, carbonatite and alkali rocks in the Mount Grace area, Frenchman Cap Dome, Southeastern British Columbia. British Columbia Ministry of Energy, Mines and Petroleum Resources. Bulletin 80, 97 p.
- Lamego, A. R., 1946. Análise Tectônica e Morfológica do Sistema Mantiqueira. In: ANAIS DO CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE MINAS E GEOLOGIA, Brasil, 1946, vol. 3.
- Large, R. R., Bull, S. W., McGoldrick, P. J., Walter, S., 2005. Stratiform and Strata-Bound Zn-Pb-Ag Deposits in Proterozoic Sedimentary Basins, Northern Australia. Society of Economic Geologists. Economic Geology, 100th Anniversary Volume, p. 931-863.
- Larivière, J-F. & Gauthier, M., Bryson, 2007. (Québec): the Missing Link Between SEDEX Sulfide and Franklin-type Stratiform Hypogene Zinc Deposits. The Gangue, 93:1-10.
- Leonardos, O. H., 1942. Depósitos de pirita de Rio Claro, Estado do Rio de Janeiro. Mineração & Metalurgia 34: 183-187.
- Noce, C.M. & Romano, A.W., 2002. Carta Geológica Folha Muriaé (SF.23-X-D-III) -, Escala 1:100.000. Texto explicativo. Minas Gerais, COMIG / UFMG, 50 p.
- McClay, K. R. & Ellis, P. G., 1983. Deformation and recrystallization of pyrite. Mineralogical Magazine, 47: 527-538
- Mehnert, K.R. Migmatites and the Origin of Granitic Rocks. Elsevier Publishing Company, 405 p., 1971.
- Oliveira, A.I., 1936. Ouro na Região de Palma. In: Brasil. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional da Produção Mineral. Serviço de Fomento da Produção Mineral. Relatório da Diretoria, Boletim 29, p. 13 - 31.
- Parr J. 1994. The preservation of pre-metamorphic colloform banding in pyrite from the Broken Hill-type Pinnacles deposit, New South Wales, Australia. Mineralogical Magazine, 58: 461-471.
- Pereira, R.M. & Guimarães, P.A., 2012. A Faixa Khondalítica Marangatu e a descoberta de novas mineralizações de grafita no N-NW do Estado do Rio de Janeiro. Geociências, 31(2): 197-205.
- Pereira, R.M., Ramos, G.V., Neumann, R., 2014. Mineralização aurífera estratiforme-stratabound em terreno de alto grau metamórfico: as ocorrências de Palma-MG e Laje do Muriaé - RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EXPLORAÇÃO MINERAL, SIMEXMIN, VI, P49. ADIMB, Ouro Preto, Minas Gerais.
- Pitcairn, I.K., Olivo, G.R., Teagle, D.A.H., Craw, D., Sulfide evolution during prograde metamorphism of the Otago and Alpine schists, New Zealand. The Canadian Mineralogist, 2010, 48(5), 1267-1295.
- Ramos, G.V., 2014. Metalogenia em Terrenos de Alto Grau Metamórfico. Estudo de caso: distribuição e controle das ocorrências auríferas na região compreendida entre Palma - MG e Laje do Muriaé - RJ. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis da Faculdade de Geologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 120 p.
- Santos, T.J.S.S., Neto, J.A.N., Hackspacher, P.C., 2001. Petrografia e litogeoquímica das rochas do embasamento cristalino da região de Granja - CE. Revista de Geologia, 14:33-48.
- Santos, T.M.B., 2008. 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, 235 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Lisboa.
- Santosh, M., 1986. Nature and evolution of metamorphic fluids in the Precambrian khondalites of Kerala, South Índia. *Precambrian Research*, 33(4): 283-301.
- Schmitt R.S., Trouw R.A.J., Van Schmus W.R., Pimentel M.M. 2004. Late amalgamation in the central part of West Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collisional orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil). *Precambrian Research*, 133:29-61.
- Scorza, E.P., 1931. Grafita. *Boletim do SGM/DNPM*, 57, p. 1-53, Rio de Janeiro.
- Sousa, H. C. A., 1939. Piritas de Rio Claro, Estado do Rio de Janeiro. *DNPM/DFPM*, Rio de Janeiro, *Boletim* 34, 30p.
- Suszczynski, E. F., 1975. Os Recursos Minerais Reais e Potenciais do Brasil e sua Metalogenia. Interciência Ltda. Rio de Janeiro, 534 p.
- Thompson, R.I. & Daughtry, K.L., 2000. Stratigraphic linkage of carbonate-rich units across east-central Vernon map area, British Columbia: are Kingfisher (Colby) and Big Ledge zinc-lead occurrences part of the same marker succession. *Geological Survey of Canada, Current Research*, 2000-A18.
- Trouw R.A.J., Heilbron M., Ribeiro A., Paciullo F., Valeriano C., Almeida J.C.H., Tupinambá M., Andreis R.R. 2000. The central segment of the Ribeira belt. In: Cordani U.G., Milani E.J., Thomaz-Filho A., Campos D.A. (eds.). *Tectonic Evolution of South America. 31st International Geological Congress*, Rio de Janeiro, Brazil, pp. 287-310.
- Tourtelot, H.A., 1979. Black shale - Its deposition and diagenesis. *Clay and Clay Minerals*, 27(5): 313-321.
- Tupinambá, M., Heilbron, M., Duarte, B.P., Nogueira, J.R., Valladares, C., Almeida, J., Silva L.G., Medeiros, S.R., Almeida, C., Miranda, A., Ragatky C.D., Mendes J., Ludka, I., 2007. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí. *Geonomos*, 15(1): 67-79.
- Wan, Y., Liu, D., Dong, C., Xu, Z.Y., Wang, Z., Wilde, S.A., Yang, Y., Liu, Z., Zhou, H.Y. 2009. 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*, 323: 73-97.
- Wang, F., Li, X.P., Chu, H., Zhao, G., 2009. Petrology and metamorphism of khondalites from the Jiming complex, North China Craton. *International Geology Review*, 53: 212-229.
- Wild, S.A., Dorsett-Bain, H.L., Lennon, R.G., 1999. 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*, 2(1): 21-46.
- Yin C.Q., Zhao G.C., M. Sun, Leung W.H., 2007. Metamorphic P-T path of the Qianlishan and Zhuozishan Khondalites in the Western Block of the North China Craton and its tectonic implications. *Geophysical Research Abstracts*, V. 9, 02491.
- Zhang, J., Zhang, Z., Xu, Z., Yang, J., Cui, J. 2000. Discovery of khondalite series from the western segment of Altyn Tagh and their petrological and geochronological studies. *Science in China (Series D)*, 43 (3): 308-316.
- Zhou, J. & Wilde, S., 2013. The crustal accretion history and tectonic evolution of the NE China segment of the Central Asian Orogenic Belt. *Gondwana Research* 23(4):1365-1377.