

Gamaespectrometria da Ocorrência de Ouro do Morro do Carneiro Branco-SC

Luiz Fornazzari Neto^(1,2); Francisco José Fonseca Ferreira⁽²⁾; Maximilian Forlin⁽²⁾; Sidnei Pires Rostirolla⁽³⁾
⁽¹⁾ Curso de Pós-Graduação em Geologia-UFPR; ⁽²⁾ Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada, LPGA/UFPR;
⁽³⁾ Departamento de Geologia, UFPR

Abstract

One of the modern applications of gamma spectrometry is the identification of hydrothermally altered areas and the investigation of their relationships with mineralizing processes in a number of geological settings. The research delimits the terrain's gamma spectrometric signature in areas over which gold occurs. The gold occurrences are characterized by sulphide-rich quartz veins of average thickness of 2 m, with average grades of 6 g/ton (locally up to 17 g/ton over a shear zone associated with the intrusion of a small granitoid body. The terrain's gamma spectrometric signature denotes high U and Th grades, low Th/k ratios and anomalous $F = K.U/Th$ values. Such geophysical behavior reflects a hydrothermal alteration zone characterized by intense sericitization of potassic feldspars.

Introdução

A gamaespectrometria é tradicionalmente utilizada como apoio ao mapeamento geológico regional e à prospecção mineral. Recentemente, a introdução de levantamentos de alta resolução e a transformação das contagens por segundo em concentrações de K (%), eU e eTh em ppm, tem permitido extrair informações valiosas destes dados. Uma das aplicações da gamaespectrometria, aérea e terrestre, é a possibilidade de identificar áreas alteradas hidrotermalmente e, em consequência, explorar suas relações com processos de mineralização de ouro e prata, além de metais base (Cu-Pb-Zn), em vários ambientes geológicos. Neste sentido, o presente trabalho visa definir a assinatura gamaespectrométrica terrestre da ocorrência de ouro e prata do Morro do Carneiro Branco (MCB), com o objetivo de estabelecer relações com os dados aéreos, permitindo desta forma sugerir novos alvos exploratórios no âmbito da Folha Botuverá-SC (Fornazzari *et al.*, neste congresso). A ocorrência pesquisada situa-se na porção central da mencionada quadrícula (1:50.000), a qual é limitada pelas coordenadas 27°00' e 27°15' de latitude sul e 49°15' e 49°00' de longitude oeste (Figura 1).

O trabalho envolveu um levantamento terrestre, assim como o processamento dos dados e a integração com informações geológicas e geoquímicas da região do MCB, além da descrição de seções delgadas.

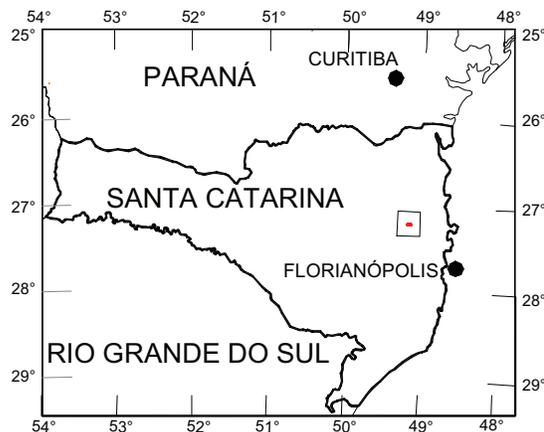


Figura 1 – Mapa de localização da área do MCB

Geologia da Região do Morro do Carneiro Branco

A região do Morro do Carneiro Branco situa-se no contexto da Folha Botuverá, cuja geologia é resumidamente descrita em Fornazzari *et al.* (neste congresso).

O mapa geológico da região do MCB (Figura 2) foi organizado a partir de informações coletadas na década de 80 e cedidas pela empresa de mineração Novo Prisma Ltda (Ribas, 1991). Localizada na borda setentrional do granitóide Lajeado Baixo do fácies Valsungana (Caldasso *et al.*, 1995), a região envolve metapelitos (xistos) e metarcósios líticos pertencentes ao Complexo Brusque (Proterozóico Inferior-Médio), corpos granitóides do Proterozóico Superior e *hornfels*.

O domínio das rochas metapelíticas agrupa sericita-xistos, sericita-quartzo xistos, micaxistos e mica-quartzo xistos (com biotita e/ou muscovita), xistos grafitosos, entre outros. Apresentam-se finamente foliados, granulação fina, as vezes bandados com intercalações milimétricas de quartzo. O metamorfismo regional atingiu a fácies xisto verde. Os metapelitos são extremamente deformados, dobrados e cataclados, refletindo a forte tectônica plástica e rígida impressa à região. Nas zonas de falha que cortam a área, com direções gerais E-W e N45E, os metapelitos exibem concentrações de óxidos de ferro disseminadas na rocha e em fraturas, além de vênulas de quartzo hidrotermal cobertas por uma película de manganês. Em alguns pontos ocorrem níveis de clorita-quartzo xistos finamente foliados, com até 20% de pirita estratiforme e disseminada,

Assinatura Gamaespectrométrica

acompanhada por injeções de quartzo hidrotermal, as vezes com sulfeto disseminado.

Os metarcósios líticos constituem metassedimentos de origem detritica de granulação grossa, com matriz rica em quartzo e fenocristais nodulares subarredondados de até 3cm de diâmetro, além de porções ricas em clorita e outras em biotita. Ocorrem vênulas de quartzo, possivelmente de origem hidrotermal, com 15 cm de espessura, exibindo piritita disseminada em algumas porções. Os contatos com as demais litologias são difusos e pouco nítidos, dificultando sua cartografia.

Os metapelitos e metarcóseos encontram-se intensamente afetados por metamorfismo termal relacionado às intrusões graníticas presentes na área, caracterizando importantes zonas de *hornfels*. Estas, no geral, apresentam-se intensamente sericitizadas e muscovitizadas, de granulação fina a média com a xistosidade preservada e, em alguns locais, graisenizadas. Localmente atingiram o fácies anfíbolito.

Quanto aos granitóides, além do fácies Valsungana, o qual predomina na área, também ocorrem pequenos *stocks* atribuídos ao fácies Guabiruba (Ribas, 1991)

Ocorrências de Ouro da Região do MCB

A região do MCB encerra diversas ocorrências de ouro, as quais configuram pelo menos 8 alvos exploratórios (Figura 3), parcialmente avaliados por algumas empresas de mineração e distribuídos em uma área aproximada de 800 ha.

O alvo principal (MCB), motivo do presente estudo, é definido por um conjunto de veios de quartzo sulfetados, dispostos segundo uma zona de cisalhamento com direção geral N75°-85°W, a qual intercepta um pequeno corpo granitóide classificado como micro-monzonito, através de estudo petrológico preliminar (Vasconcelos, 1999), compatível com o fácies Valsungana de Caldasso *et al.* (1995). Esta rocha apresenta feições de alteração hidrotermal, caracterizada por uma intensa sericitização dos feldspatos potássicos (microclínio e oligoclásio).

Na zona de cisalhamento os veios estão encaixados em um pacote delgado, deformado e concordante, de clorita-biotita-muscovita-quartzo xistos e muscovita-quartzo xistos, classificados como milonitos, onde observa-se os pares SS e SC de transposição, indicando movimento lateral direito.

A espessura média dos veios mineralizados é de 2m, podendo atingir até 4,5m, com mergulho de 45° para sul. Aflorando por cerca de 200m, exibem teores médios de 6g/t de ouro, podendo atingir pontualmente

até 17g/t, e 15g/t de prata (Gold Standard Minas S.A., comunicação pessoal), além de cobre e arsênio em menores proporções.

Especula-se uma relação genética dos veios com os granitóides Valsungana/Guabiruba, caracterizando um sistema mesotermal posicionado em zona de cúpula (Caldasso *et al.*, 1995), além de acentuado controle estrutural, apesar da carência de estudos.

Gamaespectrometria

O levantamento geofísico terrestre foi realizado através de um gamaespectrômetro de 512 canais (GS-512, fabricado pela Scintrex/Geofyzika), procedendo-se leituras em 160 pontos, espaçadas de 50m e 25m, ao longo dos acessos existentes (Figura 4), incluindo 8 determinações nas encaixantes imediatas dos veios quartzo-auríferos, onde se dispunha de dados geoquímicos de amostras de canal (Figura 5).

As leituras gamaespectrométricas foram tomadas em contagens por segundo e automaticamente transformadas em concentrações de K (%) e de eU e eTh em ppm, com base em procedimento de calibração realizado no Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD, da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Os resultados finais são apresentados após a remoção do *background* atmosférico para cada canal, ou seja: K(%) = 0; U = 0.1 ppm e Th = 1.8 ppm, realizada sobre lâmina d'água superior a 2m.

Além dos dados destes três canais, foram calculadas as razões U/Th, Th/K e U/K, além do parâmetro $F = K*U/Th$ (Gnojek & Prichystal, 1985). Os valores da média (x), do desvio padrão (s), mínimo, máximo e coeficiente de variação (CV), podem ser visualizados na Tabela 1. Nota-se que os coeficientes de variação são menores que 1, admitindo-se uma distribuição normal para o conjunto de dados.

	x	s	x+1s	Min	Max	CV
K	3,08	1,04	4,12	1,1	6,2	0,34
U	3,20	1,49	4,69	0,5	9,7	0,47
TH	17,85	7,50	25,35	4,2	42,3	0,42
F	0,59	0,32	0,91	0,11	1,737	0,54
U/TH	0,19	0,08	0,27	0,05	0,47	0,41
TH/K	6,25	2,97	9,22	2,19	17,64	0,47
U/K	1,12	0,60	1,72	0,24	3,54	0,53

Tabela 1 – Estatística básica das variáveis gamaespectrométricas.

A análise destas relações gamaespectrométricas foi norteada por alguns resultados da literatura internacional, obtidos através de testes em áreas mineralizadas e seu relacionamento com o quimismo

Assinatura Gamaespectrométrica

das rochas envolvidas. Constatou-se que em zonas de alteração hidrotermal associadas à mineralizações de ouro em ambiente similar ao da área em questão, ocorre um enriquecimento de K e U em detrimento do Th, o qual pode, em alguns casos, até ser depletado (Dickson & Scott 1997). Estas relações também são evidenciadas pelo parâmetro $F = K \cdot U / Th$.

	GAMAESPECTROMETRIA							GEOQUÍMICA		
	K %	U ppm	Th ppm	Th/K	U/K	U/Th Ppm	F	K %	Au ppb	Ag ppm
1	4,2	4,2	27,2	6,48	1	0,15	0,65	1,9	28	4,1
2	5,7	6,6	25,3	4,44	1,16	0,26	1,49	3,7	8	1,5
3	4	6,2	24,6	6,15	1,55	0,25	1,0	2,9	15	1,5
4	5,1	5,1	30,7	6,02	1	0,17	0,85	2,7	5	1,5
5	4,7	4,1	18,9	4,02	0,87	0,22	1,02	3,6	1003	1,5
6	4,2	5	17,4	4,14	1,19	0,29	1,21	3,6	1003	1,5
7	3,6	4,5	31,4	8,72	1,25	0,14	0,5	1,1	1722	15
8	6,2	3,7	22,5	3,63	0,6	0,16	1,02	NÃO ANALISADO		

Tabela 2 – Resultados geofísicos e geoquímicos do veio e das encaixantes do MCB.

Resultados Obtidos

Os resultados obtidos permitiram determinar a assinatura gamaespectrométrica da ocorrência do MCB, cuja representação gráfica pode ser observada nas figuras 6, 7 e 8, enquanto a Tabela 2 exibe os dados geofísicos e geoquímicos dos veios e de suas encaixantes imediatas (Figura 5). Esta assinatura é caracterizada por teores de potássio e urânio acima da média (Figura 6). Apesar da razão Th/K não evidenciar claramente, para algumas amostras, um enriquecimento expressivo de K em relação ao Th (Figura 7), este comportamento sugere que o tório também pode ter migrado, juntamente com o potássio e o urânio (Figura 8), durante o processo de alteração hidrotermal, apesar do antagonismo entre tais elementos (Efimov, 1978 *apud* Gnojek & Prichystal, 1985). Porém, de acordo com Dickson & Scoott (1997), este comportamento, apesar de atípico, foi verificado em algumas mineralizações deste tipo. O parâmetro F, como esperado, apresentou valores elevados nas encaixantes imediatas dos veios mineralizados.

Os teores de K (%) obtidos por gamaespectrometria e por análises geoquímicas de amostras de canais dos veios, pelo método de digestão multiácida/ICP (Figura 9), mostra que há uma certa correlação qualitativa entre estes métodos. Os teores geoquímicos são inferiores aos gamaespectrométricos, possivelmente porque a amostragem dos canais representa os teores médios do segmento amostrado, enquanto que as leituras radiométricas são pontuais. Estes teores elevados de potássio nos milonitos ao longo da zona de

cisalhamento, são condizentes com a intensa sericitização e muscovitização verificadas em campo e em seções delgadas. Cabe ressaltar que assinatura semelhante também foi verificada por estudo gamaespectrométrico aéreo no conjunto da Folha Botuverá (Fornazzari *et al.*, neste congresso).

Conclusões

A assinatura gamaespectrométrica da ocorrência de ouro do MCB foi caracterizada por enriquecimentos de K, U e do parâmetro F e por relativamente baixas razões Th/K. Tal comportamento é interpretado pela intensa sericitização dos milonitos na zona de cisalhamento, junto aos veios e no granitóide encaixante. O processo hidrotermal é caracterizado por uma zona de alteração fílica e pervasiva, em correspondência com este tipo de mineralização em várias partes do mundo. Os resultados desta pesquisa apontam para a necessidade de incrementar este tipo de estudo no Brasil, em depósitos minerais com bons controles geológico e geoquímico, no sentido de não apenas determinar suas assinaturas gamaespectrométricas, mas, sobretudo, sugerir novos alvos exploratórios.

Referências Bibliográficas

- Caldasso *et al.* 1995. Geologia da Folha Botuverá (SG.22-Z-D-I-2), Estado de Santa Catarina, Escala 1:50.000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, MME/SMM/CPRM, 303p.
- Dickson, B.L. & Scoott, K.M. 1997. Interpretation of aerial gamma-ray surveys – adding the geochemical factors. *In: Airborne Magnetic and Radiometric Surveys*, AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics, 17(2):187-200.
- Fornazzari Neto, L.; Ferreira, F.J.F.; Campos, A.F. 2001. Gamaespectrometria Aplicada à Prospecção de Ouro na Folha Botuverá-SC (neste congresso).
- Gnojek, I. & Prichystal, A. 1985. A new zinc mineralization detected by airborne gamma-ray spectrometry in northern Moravia (Czechoslovakia). *Geoexploration*, 23(4), 491-502.
- Ribas, A.U. 1991. Relatório Parcial de Pesquisa – Área do Morro do Carneiro Branco. DNPM, processo N° 815.097/88, GEOCON – Geologia e Consultoria Ltda.
- Vasconcellos, E.G. 1999. Análise Petrográfica de Rochas (MCB), Gold Standard Minas S. A. (inédito).

Assinatura Gamaespectrométrica

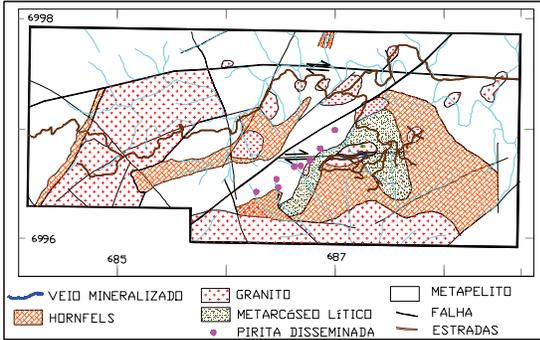


Figura 2 – Mapa geológico da região do MCB

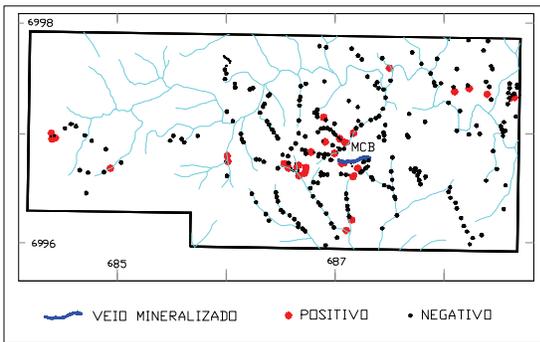


Figura 3 – Mapa de amostragem de ouro em rocha

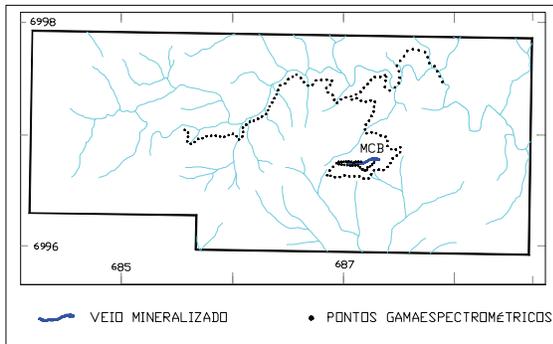


Figura 4 – Mapa de pontos gamaespectrométricos

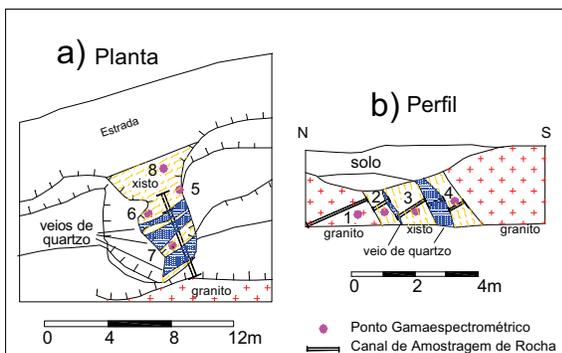


Figura 5 – Croquis de amostragem de canais e pontos de leitura gamaespectrométrica

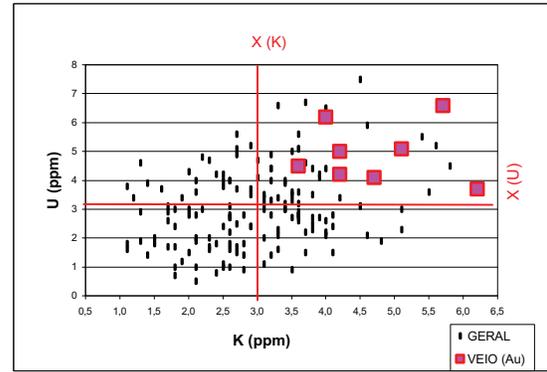


Figura 6 - Correlação gamaespectrométrica entre U e K

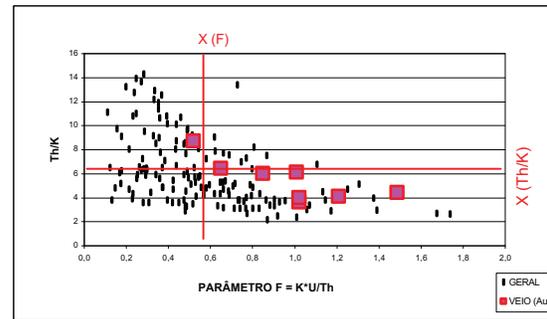


Figura 7 - Correlação gamaespectrométrica entre Th/K e F

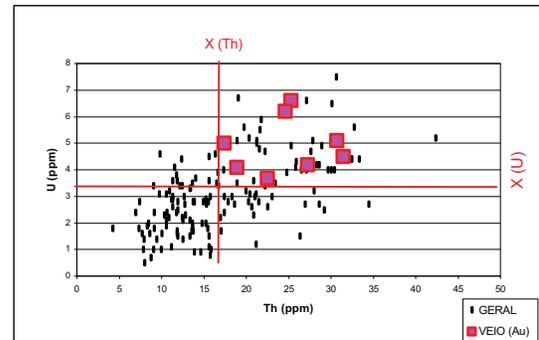


Figura 8 - Correlação gamaespectrométrica entre U e Th

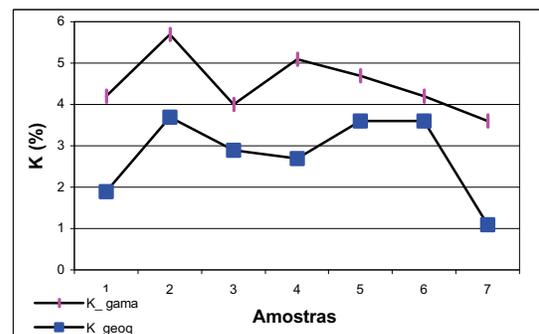


Figura 9 - Resultados de K obtidos por gama e geoquímica