



UTILIZAÇÃO DE IMAGENS GAMAESPECTROMÉTRICAS TERNÁRIAS NO MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA REGIÃO DE GUARINOS – PILAR DE GOIÁS.

Marco Túlio Naves de Carvalho, Augusto Cesar Bittencourt Pires, Roberto Alexandre Vitória de Moraes

Universidade de Brasília, Brasil

ABSTRACT

Gamma-ray spectrometry ternary images are used to improve the geological knowledge of the Guarinos-Pilar de Goiás region. Several areas identified on the images have no correlation to the published geologic cartography. The geophysical signatures of the Santa Terezinha sequence suggest correlation with known volcanic-sedimentary units. This fact helps clarify the unit metalogenetic potential.

INTRODUÇÃO

A utilização de imagens ternárias dos canais de K, eU e eTh como ferramenta auxiliar ao mapeamento geológico apresenta diversas vantagens em relação às imagens dos canais gamaespectrométricos individuais, pois agregam informações que seriam apresentadas de maneira isolada e permitem definir variações composicionais existentes nos corpos geológicos.

As diferenças nas concentrações dos três radioelementos nas rochas é minimizada com a utilização das imagens ternárias, ocorrendo uma normalização dos teores em relação a uma mesma escala de cor para os três canais.

Apesar da superficialidade da emissão da radiação gama dos solos e materiais rochosos para o ar e da atenuação natural da radiação gama pela atmosfera, observa-se que estes fatores não constituem entraves à sua utilização na caracterização dos litotipos, principalmente em regiões onde não ocorre transporte físico ou químico considerável dos radioelementos, como é o caso dos *greenstone belts* do norte do Estado de Goiás.

Na região que engloba os terrenos granito-*greenstone belt* de Guarinos e Pilar de Goiás, as imagens ternárias mostraram-se de grande valia na identificação de variações composicionais internas nos *greenstone belts*, terrenos TTG, seqüências de rochas metassedimentares e metavulcano-sedimentares e gnaisses proterozóicos. Além disso, os principais sistemas estruturais puderam ser identificados, ressaltando ainda mais a aplicabilidade desta técnica de apresentação de dados gamaespectrométricos.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Uma das principais feições geológicas da porção nordeste do Maciço de Goiás é a presença de três calhas sinformais, alinhadas na direção N30°-40°W, preenchidas por rochas metavulcano-sedimentares arqueanas do tipo *greenstone belt*. De leste para oeste, as seqüências são denominadas grupos Pilar de Goiás, Guarinos e Crixás, estando as duas primeiras incluídas neste trabalho. Entre estas faixas são conhecidos terrenos TTG, sendo os principais o Complexo Hidrolina (granodioritos), Bloco Moquém (tonalitos e granitos) e Complexo Caiamar (granodioritos e tonalitos). Uma importante característica destes terrenos granito-*greenstone* é o registro de evolução tectônica múltipla, iniciada no arqueano e com continuidade nos eventos Transamazônico e Brasileiro.

As seqüências de Pilar de Goiás e Guarinos são constituídas na base por rochas metakomatiíticas com intercalações de formações ferríferas fácies óxido, sobrepostas por metabasaltos toleíticos. Ao final do vulcanismo básico ocorreu a separação em duas bacias, as quais passaram a receber sedimentação química e detrítica com características distintas. Na faixa Pilar de Goiás foram depositados inicialmente sedimentos químicos de mar profundo, hoje representados por metacherts piritosos e mármores tremolíticos. Seguiu-se então a deposição de sedimentos predominantemente pelíticos, com intervalos menores de sedimentação química e vulcanismo bimodal. Prováveis zonas de alteração hidrotermal são representadas por xistos a muscovita, biotita, turmalina e localmente magnetita. A esta unidade de topo, denominada Formação Serra do Moinho, encontram-se associadas as principais mineralizações auríferas da faixa Pilar de Goiás.

No *greenstone belt* de Guarinos, a sedimentação se iniciou com a deposição de grauvacas, localmente ricas em

magnetita e transicionais lateralmente para quartzitos. Esta unidade é abruptamente sobreposta por formações ferríferas fácies óxido, tanto a magnetita quanto hematita e com grande quantidade de muscovita associada. Menos comumente ocorrem metassedimentos detríticos (conglomerados e muscovita xistos) e centros de descarga hidrotermal

(Jost et al. 1994). A unidade de topo do Grupo Guarinos é constituída por filitos sericíticos com proporções variáveis de clorita e material carbonoso, além de metacherts e formações ferríferas fácies hematita intercalados. No Grupo Guarinos, as principais mineralizações auríferas ocorrem no contato da unidade metabásica com filitos sericíticos e carbonosos, ao longo de zonas de cisalhamento pelas quais circularam fluidos hidrotermais relacionados à intrusão de trondhjemitos do tipo Domo de Guarinos. A norte dos terrenos granito-*greenstone belt* afloram rochas da Sequência metavulcano-sedimentar de Santa Terezinha, enquanto a sul predominam metassedimentos detríticos que têm sido atribuídos ao Grupo Araxá (Lacerda & Lima Jr. 1998). Sequências de rochas metassedimentares paleoproterozóicas, depositadas contiguamente às rochas metavulcânicas do Grupo Guarinos, constituem a Sequência Morro Escuro. Na região de Itapaci, porção sudeste da área de estudo, predominam gnaisses orto e paraderivados (Vargas 1992). O Ciclo tectono-termal Transamazônico foi responsável na região por grandes empurrões com vergência de sul para norte, além da geração de grandes zonas de cisalhamento ao longo da qual foram intrudidos pequenos corpos de composição intermediária a máfica, principalmente no interior do Complexo Hidrolina e Bloco Moquém Norte. O principal representante destes corpos é o diorito Posselândia, intrudido a $2146 \pm 1,6$ Ma (idade U/Pb em zircões; Pimentel et al. 1990).

METODOLOGIA

Os dados gamaespectrométricos utilizados neste trabalho foram obtidos durante o Projeto Geofísico Brasil-Canadá (PGBC), realizado na década de 1970. O projeto consistiu de levantamento gamaespectrométrico e magnetométrico ao longo de linhas de voo norte-sul, espaçadas entre si 1 km, a uma altura de voo constante de 150 metros e em intervalos regulares de 1 segundo.

A aquisição dos dados gamaespectrométricos foi feita utilizando-se um espectrômetro diferencial de janela de 4 canais (eU, eTh, K, CT), com sensor termicamente estabilizado e dimensão de 1492 polegadas cúbicas NaI(Tl). As concentrações de urânio e tório são apresentadas em ppm, de potássio em porcentagem e de contagem total em cps (contagens por segundo).

Os dados gamaespectrométricos foram corrigidos, pelos técnicos do PGBC, das diferenças de altitude, tempo morto, *background* atmosférico e efeito Compton. O reprocessamento dos dados, realizado neste trabalho, mostrou que a correção do *background* atmosférico não foi adequada, visto que produziu diversos valores negativos no conjunto de dados. O procedimento ora utilizado para minimizar este problema foi o de adicionar, com o sinal trocado, em cada canal, o valor mínimo da concentração adicionado de 0,1. Além disso, diferenças residuais no nivelamento entre as linhas de voo foram minimizadas com a aplicação de micronivelamento nos dados.

Para se avaliar a aplicabilidade das imagens ternárias na caracterização geológica da área estudada, foram utilizados os padrões de cor RGB e CMY. No primeiro, o potássio é representado pela cor vermelha (R), o tório pelo verde (G) e o urânio pelo azul (B). Neste modelo, onde as cores são aditivas, as máximas concentrações dos três elementos resultam na cor branca e as mínimas em preto. No padrão CMY, o potássio aparece em ciano (C), o tório em magenta (M) e o urânio em amarelo (Y). Por ser um método subtrativo, as maiores concentrações dos três elementos origina a cor preta e as menores aparecem em branco.

Para a confecção das imagens ternárias foram utilizados os *softwares* Geosoft Oasis Montaj e ERMapper. O primeiro mostrou-se mais efetivo na confecção de imagens no padrão CMY, enquanto por meio do segundo foram obtidos excelentes resultados no padrão RGB, porém deficientes no CMY.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A imagem ternária ora apresentada (Figura 1) é parte de um conjunto de imagens gamaespectrométricas, geradas com a finalidade de melhor caracterizar geologicamente a área em questão (Figura 2) e definir possíveis zonas de alteração hidrotermal potássicas (Carvalho 1999).

Os terrenos de rochas supracrustais foram individualizados e subdivididos em quatro domínios gamaespectrométricos principais. O primeiro engloba as unidades basais máfico-ultramáficas das faixas Pilar de Goiás e Guarinos, sendo caracterizado por teores extremamente baixos nos três elementos.

No segundo domínio, caracterizado por teores baixos dos três radioelementos, porém ligeiramente mais elevados do que as unidades basais, encontram-se as rochas metassedimentares detríticas da Formação Serra do Moinho e os metabasaltos e metapelitos que ocorrem na porção leste do Grupo Guarinos, os quais são hospedeiros das principais ocorrências de ouro nesta faixa.

A unidade de rochas metassedimentares químicas do Grupo Guarinos, localizada na porção centro-sul da faixa, constitui o terceiro domínio. A combinação dos três elementos resulta em colorações verdes no padrão de cores CMY e vermelho-azuladas no padrão RGB, devido a teores de potássio e tório altos e urânio moderado. As concentrações elevadas de potássio nesta unidade podem estar associadas tanto à proveniência das rochas metassedimentares quanto a processos de enriquecimento hidrotermal.

O quarto domínio ocorre a norte da faixa Pilar de Goiás e do Bloco Moquém. Encontra-se alongado na direção leste-oeste e caracteriza-se por teores baixos dos três elementos. Em sua porção nordeste, engloba xistos a muscovita e biotita, encaixantes de mineralizações auríferas. O significado geológico desta unidade deve ser melhor estudado, principalmente por sua direção ser bastante distinta das demais unidades.

A Sequência metavulcano-sedimentar de Santa Terezinha, localizada na norte da área estudada, apresenta uma

diferenciação litológica bastante clara, sendo o contato entre as unidades marcado por falhas de empurrão com direção

média N75°W. A unidade mais a sul apresenta teores de tório elevados, potássio moderado e urânio baixo. Apesar desta unidade ter sido anteriormente incluída como Grupo Araxá (Lacerda & Lima Jr. 1998), é mais provável que corresponda à unidade metassedimentar de topo da sequência paleoproterozóica de Santa Terezinha. A norte da unidade metassedimentar ocorre uma faixa correlacionável aos xistos com anfibólio definidos por Lacerda & Lima Jr. (1998), caracterizada por teores de potássio moderados, tório baixos e urânio elevados. A unidade no extremo norte da sequência, dentro dos limites da área de trabalho, é definida por baixos teores dos três elementos. A resposta gamaespectrométrica desta unidade assemelha-se àquela das unidades basais da faixa Pilar de Goiás e não a granitóides neoproterozóicos, conforme definido por Lacerda (1998). A assinatura magnética desta unidade sugere igualmente tratar-se de rochas magnéticas, possivelmente básicas a ultrabásicas e necessitam ser melhor caracterizadas em campo, visando estabelecer sua verdadeira composição. Por este motivo, foi denominada Unidade Indiferenciada da Sequência Santa Terezinha.

No extremo nordeste da área, região de Alto Horizonte, ocorre uma pequena reentrância da Sequência Santa Terezinha no domo de Hidrolina. As rochas que ali ocorrem apresentam teores de potássio elevados, ao passo que urânio e tório são moderados. As concentrações elevadas de potássio devem-se, ao menos em grande parte, a processos de enriquecimento hidrotermal controlados pelo sistema de falhas Rio dos Bois, com direção N45°E. Na interseção destas estruturas com falhas de menor expressão, norte-sul, distribuem-se as principais ocorrências auríferas nesta unidade (Oliveira et al., inédito).

A sul da unidade máfico-ultramáfica do *greenstone belt* de Guarinos ocorrem fragmentos de uma unidade caracterizada por teores moderados de potássio e baixos de urânio e tório, sendo correlacionável aos quartzitos e rochas metassedimentares químicas da Sequência Morro Escuro.

Os granitóides que ocorrem na região apresentam respostas bastante distintas entre si, indicando inclusive as grandes diferenças composicionais existentes no interior dos blocos e complexos. O Complexo Hidrolina é predominantemente homogêneo, com valores altos dos três elementos. Em algumas porções, entretanto, ocorrem maiores concentrações de urânio, em detrimento dos demais elementos. O Bloco Moquém é dividido em parte norte e sul, devido às variações nos teores dos três elementos. A parte sul caracteriza-se por concentrações de potássio muito elevadas, enquanto tório e urânio, apesar de também abundantes, ocorrem subordinados ao potássio. Em sua parte norte, os tonalitos do Bloco Moquém caracterizam-se por teores de potássio e urânio moderados e de tório baixos. O Complexo Caiamar, coberto apenas parcialmente por este trabalho, é caracterizado por teores baixos nos três elementos, assemelhando sua assinatura à de rochas máficas. Este comportamento não é contudo esperado para rochas desta natureza, sendo necessário checar em campo a razão da diferença apresentada. O domo de Guarinos, intrusivo na unidade máfica do Grupo Guarinos, apresenta teores de potássio moderados e de urânio e tório baixos.

Os gnaisses de Itapaci apresentam assinatura bastante variável. Por este motivo, foram divididos em três blocos: leste, central e oeste. O primeiro caracteriza-se por teores elevados de tório, moderados de urânio e baixos de potássio. No Bloco Central, fortemente controlado por estruturas N30°W, os teores de potássio e urânio são elevados e os de tório são baixos. No terceiro bloco, a oeste, os gnaisses apresentam-se zonados, com o núcleo caracterizado por concentrações muito elevadas de tório, altas de urânio e muito baixas de potássio, ao passo que na borda do corpo os teores de tório e urânio são moderados e os de potássio baixos. Acredita-se que a intrusão do corpo central seja responsável pela origem de paragneisses (Vargas 1992), correlacionáveis à porção externa do corpo zonado.

A sul dos terrenos granito-*greenstone* afloram rochas metassedimentares detríticas de idade proterozóica, as quais têm sido correlacionadas ao Grupo Araxá. As assinaturas gamaespectrométricas obtidas nos três canais individuais e nas imagens ternárias indicam haver uma continuidade lateral entre essa unidade e os metassedimentos do Grupo Serra da Mesa, que ocorrem a leste do Complexo Hidrolina, sugerindo afinidade genética entre elas. Ambas unidades caracterizam-se por teores elevados de potássio e moderados de urânio e tório. Em seu extremo norte, a assinatura gamaespectrométrica indica que o tório é mais restrito do que no restante desta unidade, fato este provavelmente relacionado a variações na composição das rochas metassedimentares.

O diorito Posselândia é caracterizado por concentrações de urânio e potássio baixos e de tório moderados. Diversos corpos com assinatura semelhante são identificados no interior do Complexo Hidrolina e Bloco Moquém Norte.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados acima apresentados, pode-se concluir que as imagens ternárias dos canais de potássio, tório e urânio são extremamente úteis como ferramenta indireta ao mapeamento geológico, sendo bastante recomendável sua utilização tanto em levantamentos geológicos regionais quanto de detalhe, assim como na exploração mineral.

Diversas zonas identificadas nos mapas ternários não apresentam correlação com a cartografia geológica conhecida. Estas áreas são merecedoras de especial atenção para a caracterização da evolução geotectônica regional e deverão, em um futuro breve, ser novamente objeto de investigação. No caso da Sequência de Santa Terezinha, a melhor caracterização das unidades geológicas permitirá definir, com maior clareza, seu potencial metalogenético, correlacionando-a com outras sequências vulcano-sedimentares conhecidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carvalho, M.T.N., 1999, *Integração de dados geológicos, geofísicos e geoquímicos aplicada à prospecção de ouro*

nos greenstone belts de Pilar de Goiás e Guarinos, GO: Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 187p.

Jost, H.; Vargas, M.C.; Fuck, R.A.; Kuyumjian, R.M.; Pires, A.C.B., 1994, *Relações de contato, litologias, geologia estrutural e geofísica do bloco Arqueano do Moqué, Crixás, Goiás. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO-OESTE, 4. Brasília, 1994. Anais... Brasília, SBG, p. 21-23.*

Lacerda, H. & Lima Jr. – 1998 – *Mapa Geológico da região de Guarinos e Pilar de Goiás, escala 1:50.000. Projeto Distrito Mineiro Crixás – Pilar de Goiás. MME/DNPM.*

Pimentel, M.M.; Hartman, L.; Fuck, R.A., Danni, J.C.M.; Jost, H. – 1990 – *Idade U-Pb do Diorito Posselândia, Hidrolina, Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 36, Natal, 1990. Resumo das Comunicações, Natal, SBG, p. 339.*

Vargas, M.C. – 1992 – *Geologia das rochas granito-gnáissicas da Região de Crixás, Guarinos, Pilar de Goiás e Hidrolina, Goiás: Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 172 p.*