



O emprego de levantamentos aerogeofísicos multi-metodológicos para mapeamento geológico: Exemplo da Área Barreiro, Bahia

Jorge Dagoberto Hildenbrand, Luiz Geraldo Lucchesi Loures, Raymundo Wilson Santos Silva

Lasa S.A., UENF, CBPM

ABSTRACT

Os dados do levantamento aerogeofísico multi-metodológico (magnético, gamaespectrométrico e eletromagnético-TDEM), conduzido pela CPBM na Área Barreiro, no estado da Bahia, foram interpretados e seus resultados correlacionados para fins de mapeamento geológico. O método magnético proporcionou a identificação de feições lineares associadas com falhas e fraturas, enquanto que, os métodos eletromagnético e gamaespectrométrico mostraram-se efetivos na identificação de variações litológicas, caracterizadas pelo contraste de condutividade (evidente nos mapas eletromagnéticos) e pela variação na composição dos radioelementos K, U e Th. A resposta aos métodos geofísicos sugere que estes dados sejam também objeto de utilização para mapeamento geológico de detalhe, em adição ao objetivo principal do levantamento que é a busca de alvos para prospeção.

INTRODUÇÃO

A qualidade dos dados aerogeofísicos de levantamentos multi-metodológicos vem sendo progressivamente elevada em decorrência de fatores ligados à evolução tecnológica do instrumental utilizado, ao estabelecimento de padrões mais rígidos para aquisição de dados e à vasta gama de técnicas de processamento, fundamentadas em poderosos e efetivos algoritmos. Desta forma, um banco de dados resultante de levantamentos multi-metodológicos, coletados em regiões desprovidas de bases geológicas atualizadas, pode se constituir em objeto de estudo mais amplo, visando não apenas projetos de prospecção mineral, mais ainda outros trabalhos no campo do mapeamento geológico, dos estudos ambientais e da exploração de água subterrânea.

Em 1998, a Companhia Baiana de Pesquisa Mineral – CBPM - realizou levantamentos aerogeofísicos pelos métodos magnético, eletromagnético (TDEM) e gamaespectrométrico em áreas de ocorrência de terrenos de *greenstone belts* existentes no estado da Bahia. As respostas a estes métodos geofísicos variaram conforme a litologia predominante nas áreas investigadas, observando-se excelente correlação com as feições geológicas mapeadas. Isto ficou evidente na Área Barreiro, onde a integração dos resultados da interpretação proporcionou tanto a identificação de dois ambientes geológicos distintos, quanto a existência de unidades litológicas, cujas respostas aos métodos utilizados, poderão conduzir a subdivisão das unidades geológicas em futuros trabalhos de mapeamento.

Dentre os métodos empregados, o aeromagnético é considerado como a ferramenta mais importante para o mapeamento geológico-estrutural. Quando associado às inferências de geologia de superfície, proporcionadas pelas respostas radiométricas dos radioelementos K, U e Th, assim como pelas características de condutividade do terreno obtidas através dos dados de resistividade aparente, o mapeamento fornece um conjunto de parâmetros de grande aplicabilidade para mapeamento geológico-litológico.

A área objeto deste artigo corresponde à parte central da Área Barreiro (Fig. 1), que está geologicamente assentada sobre embasamento Arqueano, constituído por rochas granito-gnáissicas e migmatíticas, sobrepostas pelas sequências vulcanossedimentar do Complexo Colomi-Salgueiro, e metassedimentar, do Grupo Chapada Diamantina.

Para interpretação dos dados geofísicos da área estudada foram empregados mapas magnéticos de campo total, de sinal analítico e da 1a. derivada vertical; mapas eletromagnéticos de resistividade aparente e de amplitude EM; e mapas radiométricos ternário, de contagem total e das concentrações de urânio, tório e potássio.

GEOLOGIA DA ÁREA

O embasamento Arqueano aflora na porção norte da Área e é constituído por rochas granito-gnáissicas, migmatíticas e intrusivas diversas, não individualizadas no mapeamento geológico existente. A sequência vulcanossedimentar do Complexo Colomi-Salgueiro aparece de maneira descontínua no setor norte, sendo caracterizada por corpos isolados, interceptados por falhamentos nas direções nordeste e noroeste. A cobertura de metassedimentos ocorre na porção sul

da área, formando faixas na direção WSW-ENE, representando uma porção da seqüência terrígena do Grupo Chapada Diamantina, formada, predominantemente, por quartzitos e metassiltitos (Figs. 1 e 2).

METODOLOGIA

Foram utilizados dados magnéticos, eletromagnéticos (domínio do tempo) e gamaespectrométricos coletados por aeronaves de asa fixa a uma altura de 100 m sobre o terreno, com linhas de vôo espaçadas de 200 m e orientadas na direção N 10° W. O levantamento eletromagnético foi conduzido por uma aeronave equipada com o sistema QUESTEM, com receptor de três componentes, rebocado a 60 m do terreno, e um sensor magnético de vapor de césio fixo na cauda. A taxa de amostragem foi ajustada em 5 Hz, sendo a leitura do magnetômetro realizada durante o "off-time" do eletromagnetômetro. Os dados magnéticos e gamaespectrométricos foram levantados por outra aeronave, equipada com magnetômetro de césio e gamaespectrômetro multicanal (256 canais), interligado a detectores com volume total de 2,048 polegadas cúbicas. A taxa de amostragem foi de 10 Hz para o magnetômetro e 1 Hz para o gamaespectrômetro.

A partir do mapa magnético de campo total foram interpretadas zonas magnéticas, caracterizadas pela morfologia do campo magnético. Estas zonas foram, em seguida, correlacionadas às unidades litológicas presentes no mapeamento. O reconhecimento de feições lineares foi feito através de imagens sombreadas dos mapas de sinal analítico e da primeira derivada vertical (Fig. 3), possibilitando a identificação dos principais sistemas de falhas e fraturas existentes. Uma primeira aproximação da distribuição das fontes magnéticas foi efetuada através de interpretação automática, com uso da Deconvolução de Euler, para obtenção de estimativas de localização das bordas de corpos em subsuperfície, que são indicativas de falhas e intrusões. Tal informação de subsuperfície é útil na elaboração do modelo geológico, por trazer novos parâmetros a serem considerados no mapeamento de superfície.

Para identificação das zonas condutivas foi empregado o mapa de condutividade aparente, obtido com o processamento dos tempos mais cedo (Fig. 4). Estas zonas são definidas pelo contraste de condutividade do terreno, proporcionando a correlação com a geologia da área expressa em superfície. Os mapas eletromagnéticos podem ser produzidos a partir de canais ou grupos de canais que refletem diferentes tempos (mais cedo, intermediários ou tardios) fornecendo uma visão bidimensional do terreno mapeado.

O mapa de contagem total foi empregado para individualização das unidades radiométricas, definidas pela variação de intensidade da taxa de exposição deste canal. Com auxílio do mapa ternário (Fig. 5) e dos mapas de concentração de tório e potássio, foram definidos corpos radiogênicos caracterizados pela diferenciação nas concentrações de cada um destes radioelementos. Estes corpos foram, em seguida, correlacionadas às unidades litológicas mapeadas. A gamaespectrometria permite ainda o mapeamento de zonas de alteração a partir do estudo do enriquecimento do elemento potássio em relação ao tório e ao urânio. A alteração potássica na forma de sericita, por exemplo, pode estar associada a mineralizações de ouro e de metais de base em zonas de ocorrência de sulfetos maciços do tipo VMS. Na área estudada foram identificados *trends* de potássio e analisadas as áreas de maior enriquecimento relativo a este radioelemento.

INTERPRETAÇÃO

Na área objeto deste artigo, o campo magnético mostra variação de intensidade segundo duas faixas distintas. Uma faixa de menor intensidade, observada na porção sul, e outra, magneticamente mais intensa, encontrada na porção norte. O campo total possui baixa intensidade e segue um *trend* geral E-W, com um ligeiro desvio para NE, na porção sul. Para norte, o campo magnético mostra amplitude mais elevada e está subordinado a um *trend* geral de direção NNW-SSE, localmente deformado por outro *trend* secundário que segue a direção NE-SW. Com base na análise destas características do campo, a área foi subdividida em duas zonas magnéticas distintas (Fig. 6): a que se refere à porção norte, onde predominam as rochas do embasamento aflorante, admite-se que a maior atividade magnética decorra da presença da seqüência vulcanossedimentar sobreposta; a zona associada à porção sul, mostra o campo magnético menos intenso e menos ativo, comportamento que é explicado pela ocorrência da cobertura metassedimentar, depositada sobre um embasamento arqueano mais profundo. Os sistemas de falhamentos condicionados pelo *trend* NW-SE sugerem a presença de uma falha de empurrão que, tendo características regionais e propagando-se na mesma direção, separa as duas zonas magnéticas.

A interpretação gamaespectrométrica, por outro lado, permitiu que a área fosse subdividida em três unidades radiométricas (Fig. 7): a primeira unidade, considerada fracamente radiométrica ($< 3 \mu\text{R/h}$), é seguida de uma segunda unidade intermediária (entre 3 e $8 \mu\text{R/h}$), que, por sua vez, é seguida de outra unidade radiometricamente mais intensa ($> 8 \mu\text{R/h}$). As unidades foram também analisadas quanto as respostas dos canais de Th e K. A partir desta classificação e da análise das concentrações dos elementos nestas unidades, foram identificadas zonas anômalas que obrigaram a individualização de corpos radiogênicos ou subunidades. Estes corpos radiogênicos, associados com

unidades litológicas, contribuíram para inferência de contatos geológicos e permitiram a localização de novos domínios litológicos dentro das respectivas unidades, assim como de heterogeneidades contidas nestas unidades. Por sua reduzida mobilidade, o radioelemento tório foi utilizado como guia, permitindo a subdivisão da segunda unidade em duas subunidades, diferenciadas pela variação na concentração deste radioelemento. Os elementos potássio e urânio mostraram-se relativamente uniformes, com suas concentrações variando proporcionalmente à alteração da taxa de exposição do canal de contagem total. Foram ainda identificadas estruturas lineares dispostas segundo as direções N-S

e ENE-WSW, associadas com zonas de enriquecimento em potássio, geralmente encontradas junto aos corpos da unidade de maior intensidade radiométrica.

O contraste de condutividade das litologias presentes na área é evidenciado no mapa eletromagnético de condutividade aparente, mostrando claramente suas variações litológicas. Foram definidas três zonas condutivas (Fig. 8): uma moderadamente condutiva (abaixo de 1,5 S/m), outra intermediária (entre 1,5 e 2,5 S/m) e, a última zona, altamente condutiva (maior que 2,5 S/m). Estas zonas encontram-se separadas por *trends* de direção E-W a ENE-WSW, e pelo contato dos metassedimentos com as rochas do embasamento, e/ou com a sequência vulcanossedimentar. O contato acompanha de forma aproximada a curva de isocondutividade de 1,5 S/m. A zona mais condutiva geralmente comporta as unidades hospedeiras dos principais condutores identificados na área. Estes condutores, predominantemente lineares, são orientados concordantemente com as falhas e fraturas de direção ENE-SSW a NE-SW. Os principais deles estão encaixados na zona de contato dos metassedimentos com a sequência vulcanossedimentar, ou destas sequências com o embasamento. Os condutores presentes na zona intermediária representam corpos geralmente superficiais ou estão associados com solos colúviais e lateríticos. A terceira zona, caracterizada como altamente condutiva, está disposta na forma de corpos descontínuos e alongados, ou ligeiramente arredondados, que hospedam os principais condutores identificados na área investigada. No extremo norte existe uma zona fortemente condutiva (atinge 5,0 S/m), supostamente associada com faixas de cobertura laterítica ou com solos residuais/colúviais condutivos, onde predominam apenas condutores superficiais. Para sul assumem caráter linear e seus eixos são orientados na direção ENE, ou mostram-se coincidentes com as prováveis zonas de contato das unidades geológicas. A resposta eletromagnética indica a presença de um domínio condutivo, o qual seria atribuído à presença de rochas vulcânicas, pertencentes à sequência vulcanossedimentar e/ou a ocorrência de corpos intrusivos pertencentes ao embasamento.

CONCLUSÕES

O exemplo apresentado para o levantamento multi-metodológico, realizado na Área Barreiro, confirma a grande aplicabilidade dos métodos aerogeofísicos magnetométrico, gamaespectrométrico e eletromagnético para fins de mapeamento geológico de detalhe. Além de permitir a identificação de alvos para exploração de metais base e preciosos, os levantamentos integrados também concorrem para a atualização da base geológica e podem subsidiar estudos diversos, como por exemplo, os relativos à exploração de água subterrânea e aos estudos ambientais.

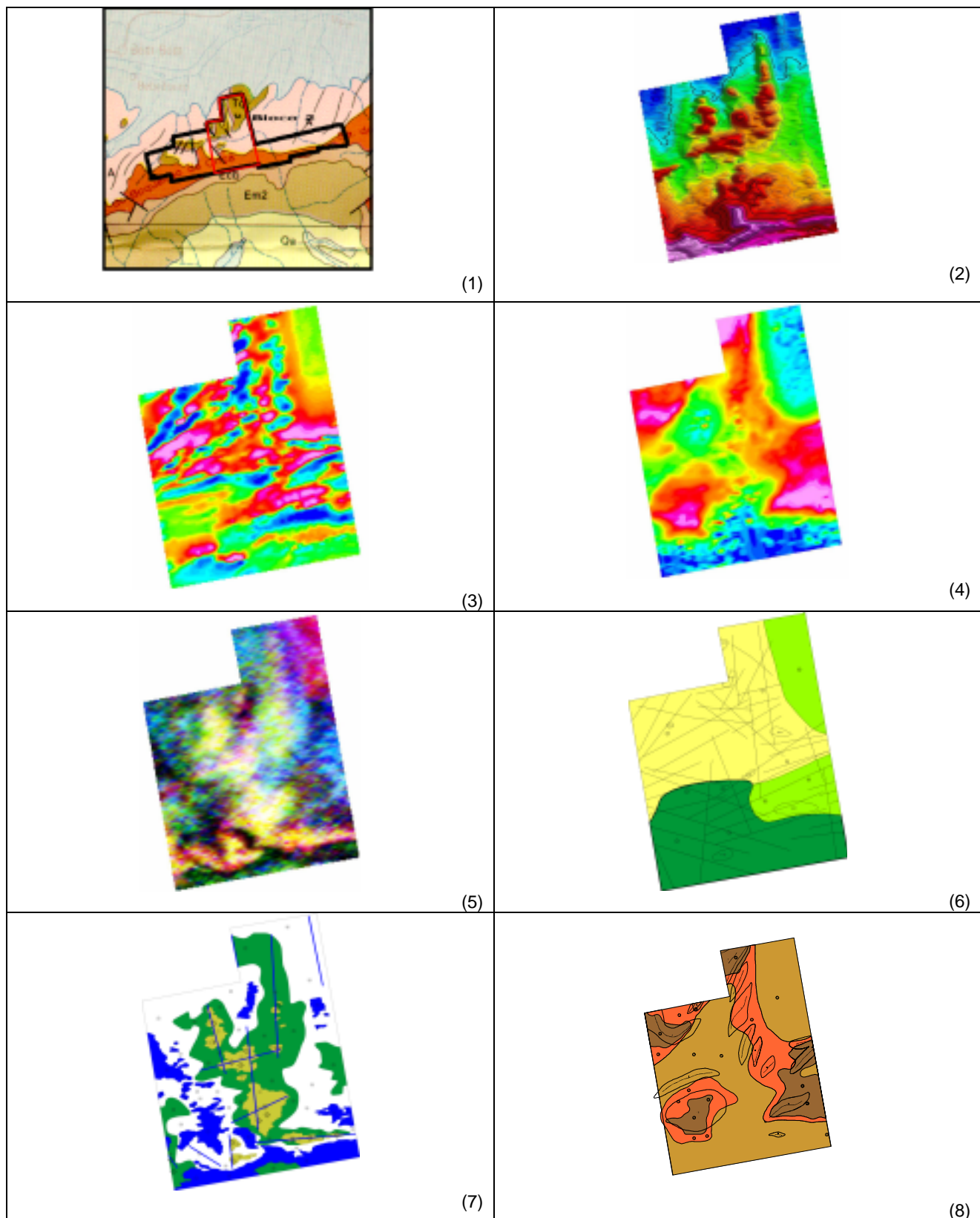
A rápida evolução das técnicas de processamento interpretativo, com a conseqüente elevação da qualidade e das formas de apresentação de imagens geofísicas à disposição, ao lado da utilização de programas de GIS, que permitem a superposição simultânea de imagens produzidas a partir de bancos de dados distintos, tornam ainda mais efetivo o emprego da geofísica para fins de prospecção e mapeamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Groves, D. I., HO, S. E. and Houston, S. M. - 1984 -** *The Nature of Archean Gold Deposits in Western Australia with Particular Emphasis on Geophysical Exploration, in Geophysical Exploration for Precambrian Gold Deposits. University of Western Australia.*
- Hodges, G., Darbha, D. - 1997 -** *Geological Mapping with Multiparameter Airborne Geophysics. In Proceedings of Exploration 97: p. 865-868.*
- Hoover, D. B., Pierce, H. A. - 1990 -** *Annotated Bibliography of Gamma-Ray Methods Applied to Gold Exploration. Report 90-203, USGS, Denver (Co).*
- Reid, A.B., Allsop, J. M., Granser, H., Millet, A. J., and Somerton, I. W. - 1990 -** *Magnetic Interpretation in Three Dimension Using Euler Deconvolution. Geophysics, 55, 80-91.*
- Secretaria das Minas e Energia - 1978 -** *Mapa Geológico do Estado da Bahia, escala de 1:1.000.000, Salvador - BA.*
- Schaefer, M. J., Gingerich, J., Lemineux, J. - 1998 -** *The Evolution of Airborne Time Domain Electromagnetic Applications for Geological Mapping; Noranda Perspective. Exploration Geophysics No. 29: p. 204-210.*

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CBPM, em particular ao seu presidente, Dr. Umberto Costa, pela sessão dos dados que possibilitaram a elaboração deste artigo.



Figuras: 1) Geologia da Área; 2) Modelo Digital do Terreno; 3) 1ª Derivada Campo Total; 4) Condutividade Aparente; 5) Radiométrico Ternário; 6) Interpretação Magnetométrica; 7) Interpretação Radiométrica; 8) Intepretação EM.