

# ANÁLISE ESPECTRAL DE DADOS GAMAESPECTROMÉTRICOS: UMA INTEGRAÇÃO COM MODELAGEM DE DADOS DE POTENCIAL ESPONTÂNEO NO ESTUDO DE ZONAS DE FRATURAS HIDROTERMALIZADAS EM LAVRAS DO SUL (RS)

Guimarães, M. F. S. B <sup>1</sup>Autor; Rosales, M. J. T. <sup>2</sup>Co-Autor; Dias, A. L. L. <sup>3</sup>Co-Autor;  
Universidade Federal do Pampa, Av. Pedro Anunciação, 111 – Vila Batista, Caçapava do Sul – RS  
cacapava@unipampa.edu.br

**Palavras-Chave:** Potencial Espontâneo; Modelagem; Dados Gamaespectrométricos.

## 1-INTRODUÇÃO

A área da pesquisa se encontra inserida na porção central do Complexo Intrusivo Lavras do Sul (CILS), compreendendo as rochas pertencentes ao enclave central, caracterizadas por Biotita (Bt) - granodiorito de aproximadamente 601-599 Ma, e de Anfibólio (Amp) - Biotita (Bt) - monzogranito de idade aproximada de 604 Ma (Gastal et al., 2006). A área possui 1,49 km<sup>2</sup> e se localiza na localidade rural do Cerrito, em torno de 2 km ao leste da cidade de Lavras do Sul (RS), delimitada pelas longitudes 53° 53' 26,1808" W, 53° 52' 48,6034" W, e as latitudes 30° 47' 31,9343" S, 30° 48' 20,0868" S.

A finalidade da pesquisa de maneira geral é demonstrar o grau de eficiência da aplicação do Método de Potencial Espontâneo (SP) integrado com o Método gamaespectrométrico pedestre em levantamentos geofísicos em escala de detalhe, isto é, com um intervalo de amostragem de aproximadamente 10 a 15 metros, tendo como objetivo principal a identificação e caracterização de zonas com alteração hidrotermal associadas com zonas de falhas e/ou de fraturas, com perspectivas de hospedarem presença de mineralização metálica em sulfetos disseminados.

## 2-METODOLOGIA

A gamaespectrometria é tradicionalmente utilizada como apoio ao mapeamento geológico e à prospecção mineral. Uma das aplicações da gamaespectrometria, é a possibilidade de identificar e caracterizar áreas com presença de alteração hidrotermal, onde os processos de gênese mineral estejam vinculados com o enriquecimento de potássio e/ou de urânio, e em consequência, explorar suas relações com processos de mineralização de ouro e prata em vários ambientes geológicos. O levantamento gamaespectrométrico reflete a variação geoquímica do K (%), do eU (ppm) e do eTh (ppm) nos primeiros 30 ou 40 cm do substrato geológico. Essa fina camada é sujeita aos efeitos do intemperismo, que conduz à perda do potássio em todos os tipos de rochas e, para as rochas félsicas, perdas, do Urânio e do Tório. Os valores médios característicos para a crosta terrestre destes radioelementos são: 2% para o Potássio, K (%); 2,7 ppm para o Urânio, eU (ppm) e de 8,5 ppm para o Tório, eTh (ppm). Os dados gamaespectrométricos levantados compreenderam um total de 105 pontos físicos medidos, distribuídos em uma malha regular com espaçamento aproximado de 10 metros. Os dados de Potencial Espontâneo (SP) foram adquiridos com um espaçamento regular entre os pontos de medição utilizando a técnica de gradiente, com um dipolo de 15 metros e 108 pontos físicos medidos (Figura 1). A análise espectral dos dados gamaespectrométricos se baseou nos espectros de energia correspondentes as janelas de Potássio, Urânio e Tório (K, eU, eTh) para os pontos físicos medidos classificados pelos códigos 8039, 8052, 8070, 8073 que correspondem espacialmente com anomalias de SP. O algoritmo utilizado para modelagem direta e inversa de campos de potencial espontâneo natural (SP) que permite simular os padrões geoeletricos simultaneamente para até 29 condutores prismáticos polarizados eletrostaticamente (Dmitriev, 2012). O *software* ZONDSP2Dp (Zond Software, 2018) destina-se à interpretação bidimensional dos dados adquiridos pelo método do campo elétrico natural.

## 3-RESULTADOS

A Figura 1 corresponde com o Mapa esquemático integrado da Anomalia de Potencial Espontâneo

(SP) no Setor I, mostrando a malha de pontos medidos, os Perfis A-A' e B-B' que foram objetos de estudo na modelagem 2D, assim como o posicionamento da SEV 01.

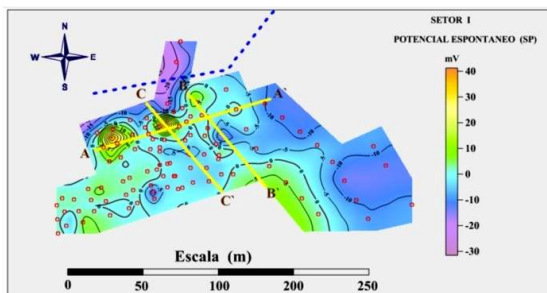


Figura 1. Mapa esquemático integrado da Anomalia de Potencial Espontâneo (SP) no Setor I, mostrando a malha de pontos medidos (círculos vermelhos) e os Perfis A-A', B-B', assim como o posicionamento da SEV 01. (Rosales et al.,2016)

Na porção central da área de estudo destaca-se a presença de uma anomalia com amplitude em torno de -10 mV a qual foi objeto de estudo através da modelagem do perfil B-B'. Esta anomalia se encontra localizada em um baixo topográfico caracterizado por valores de altitudes ortométricas de aproximadamente 319 metros, em um local com presença de testemunhos de rochas de antigas trincheiras de pesquisa mineral.

Na porção norte da área de estudo se caracteriza pela presença de valores da anomalia de SP com amplitudes em torno de +25 mV a qual foi objeto de estudo através da modelagem do perfil A-A', o local se caracteriza pela presença de um solo residual rico em argilominerais o qual apresenta um alto grau de umidade e de saturação, localizado em baixos topográficos com valores de altitudes ortométricas de aproximadamente 315 a 316 metros.

A Figura 2 corresponde com o Mapa integrado da imagem da anomalia de SP, com os isocontornos da Anomalia do Fator F (Eq. 1), mostrando os números dos códigos dos sinais dos espectros analisados: 8039, 8052, 8070, 8073, que correspondem com pontos gamaespectrométricos medidos em campo.

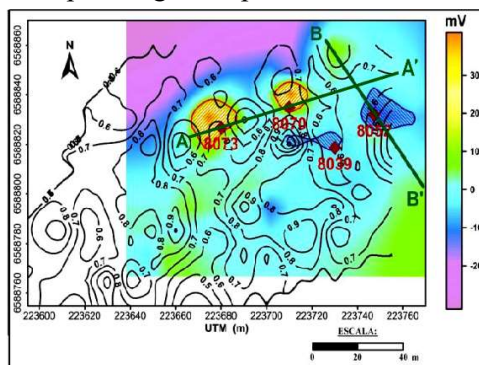


Figura 2. Mapa integrado da imagem da anomalia de SP, com os isocontornos da Anomalia do Fator F, mostrando os números dos códigos dos sinais dos espectros analisados: 8070, 8039 e 8052. (Rosales et al.,2016)

$$\text{Fator F} = (K) (eU/eTh) \quad (\text{Equação 1})$$

É notório ressaltar na porção norte da área de estudo, que os altos anômalos do Fator F (Eq. 1), com valores em torno de 0,7, coincidem espacialmente com sinais positivos de SP, aqui temos selecionado o espectro do código 8070, o qual pode ser visualizado conjuntamente com o espectro do código 8039 (Figura 3). A partir da análise dos picos de energia (keV) para os canais de Potássio, de Urânio e do Tório, pode observar-se que os picos de energias que se correspondem ao canal de Potássio e do Urânio, para o gráfico correspondente ao código do espectro 8070 apresenta uma maior amplitude do sinal energético, e a energia se encontra melhor distribuída em torno de um valor médio central, se comparado com os gráficos onde se exibem o espectro do código 8039 (Figura 3) e o espectro do código 8052 (Figura 4), os quais coincidem espacialmente no mapa, com baixos do Fator F, com valores em torno de 0,5, coincidindo com sinais

negativos de SP, o que sugere uma perda das concentrações de potássio e do urânio com relação a concentração do tório.

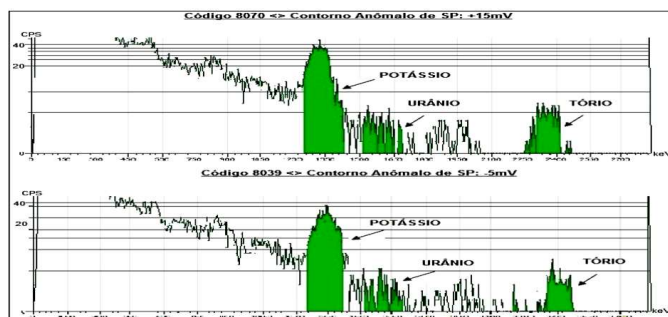


Figura 3. Espectros de Energia, dos dados gamaespectrométricos para os canais de Potássio, Urânio e Tório, correspondente aos números dos códigos 8070 e 8039. (Rosales et al.,2016)

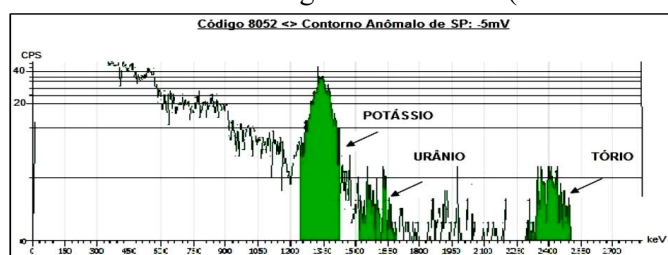


Figura 4. Espectros de Energia, dos dados gamaespectrométricos para os canais de Potássio, Urânio e Tório, correspondente ao número do código 8052. (Rosales et al.,2016)

A Figura 5, mostra o Modelo geofísico proposto para Perfil B-B' orientado segundo NW-SE, obtido a partir da inversão 2D dos Dados de Potencial Espontâneo (SP). Conforme o modelo obtido se pode observar para os primeiros 15 metros de profundidade, a presença de rochas granodioríticas muito afetadas pela presença de zonas de fraturas que apresentam um baixo ângulo de mergulho posicionadas aproximadamente dos 5 a 10 metros de profundidade, que segundo os critérios interpretativos estariam com acúmulo e movimentação de água subterrânea, muito provavelmente servindo de condutos para a infiltração e percolação das águas superficiais. A anomalia com sinal negativo de SP com valores de amplitude em torno de - 10 mV é explicada do ponto de vista interpretativo pelo contraste existente dos valores de resistividades de 1314 Ohm.m para o contexto de rochas granodioríticas encaixantes, e os valores muito baixos de resistividades de 6 Ohm.m característicos para a presença de água em zona de fraturas. Segundo o trabalho de Medeiros et. al., 1999, no estudo de Potencial Elétrico Espontâneo, ao longo de seções transversais, em aquíferos fissurais em rochas cristalinas do Estado da Bahia, os perfis de SP apresentam ordens de grandeza relacionadas à amplitude das anomalias em torno de -15 a -50 mV e mostram, portanto, um padrão semelhante aos apresentados na presente pesquisa.

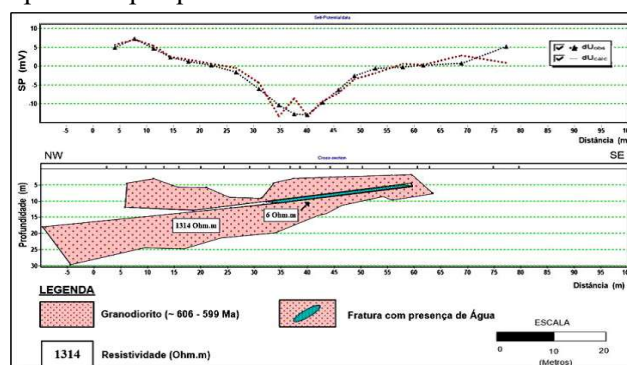


Figura 5. Modelo geofísico geológico proposto para Perfil B-B' orientado segundo NW-SE localizado no Setor I da área de estudo.

A Figura 6, ilustra o Modelo geofísico proposto para o Perfil A-A' orientado segundo NE-SW. Conforme o modelo obtido é possível observar que as resistividades das rochas granodioríticas variam em torno de 568 Ohm.m até 480 Ohm.m. É notório destacar que neste modelo o topo do embasamento granodiorítico apresenta irregularidades no formato geométrico, o que sugere diferentes graus de alteração.

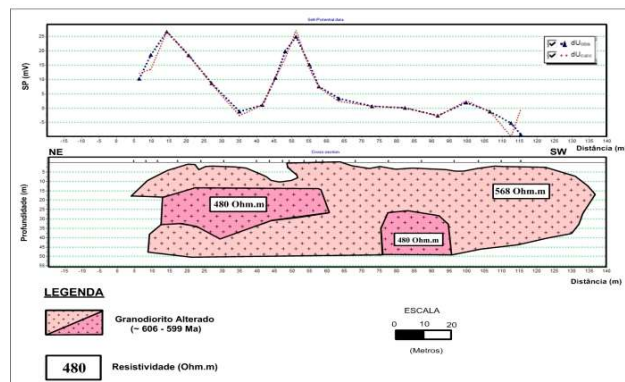


Figura 6. Modelo geofísico geológico proposto para Perfil A-A' orientado segundo NE-SW localizado no Setor I da área de estudo.

#### 4-CONCLUSÕES

Os resultados obtidos se mostram consistentes e do ponto de vista de interpretação geofísica, integrando os dados dos levantamentos em escala de detalhe, provindo de medições de Potencial Espontâneo, e da gamaespectrometria pedestre, visando à identificação e a caracterização de zonas com alteração hidrotermal associadas com zonas de falhas e/ou de fraturas, com perspectivas de hospedarem presença de mineralização metálica em sulfetos disseminados, e por conseqüência mineralização aurífera. A análise espectral dos dados gamaespectrométricos, mostrou-se muito eficiente na interpretação quantitativa dos sinais energéticos dos radioelementos (K, eU, eTh), e demonstrou que pode ser uma ferramenta muito valiosa na identificação de zonas de alteração hidrotermal que apresentam enriquecimento de Potássio e de Urânio, muito característicos nos processos de potassificação e de sericitização dos depósitos minerais hidrotermais, de tipo “epitermal” localizados a pouca profundidade, próximos da superfície terrestre. Conforme os Modelos geofísicos geológicos propostos para os Perfis B-B' e A-A' obtidos a partir da inversão 2D dos Dados de Potencial Espontâneo (SP), pode-se concluir que anomalias com sinal negativo de baixa amplitude em torno de - 10 mV a - 15 mV podem estar associadas ao acúmulo e movimentação de água subterrânea em zona de fraturas, quase aflorantes, que podem estender-se desde os primeiros metros sub a superfície, as quais podem apresentar certa continuidade em profundidade.

#### 5-REFERÊNCIA

- Dmitriev, A. N. 2012. Forward and inverse self-potential modeling: a new approach. *Russ.Geol. Geophys.* 53: 611–622.
- GASTAL, M.C.P.; LAFON, J.M.; FERREIRA, F.J.F.; MAGRO, F.U.S.; REMUS, M.V.D. & SOMMER, C.A. Reinterpretação do Complexo Intrusivo Lavras do Sul – RS, de acordo com os sistemas vulcano-plutônicos de subsidência. Parte I: Geologia, geofísica e geocronologia (207Pb/206Pb e206Pb/238U). *Revista Brasileira de Geociências*, v.36, p. 109-124, 2006.
- Medeiros, W.E., Lima, O. A. L. 1999. Origem do Potencial Elétrico Espontâneo em rochas cristalinas fraturadas e sua utilização na locação de poços. *Brazilian Journal of Geophysics*, Vol. 17(2,3).
- Rosales, M. J. T., Lopes, H. S., Leandro, C. G., 2016. Inversão de dados de Potencial Espontâneo (SP) e sua aplicação ao estudo de zonas hidrotermais associadas à mineralização aurífera, no Complexo Granítico de Lavras do Sul (RS) - Brasil.. In: VIII Congreso Uruguayo de Geología, I Simposio de Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata., 2016, Montevideo, Uruguay.