



Figura 2: Fotografias evidenciam a presença de: I- filitos carbonosos de coloração cinza escura, com laminação plano paralelas com aspecto mosqueado marcado por concreções de óxidos de ferros; II- Ritmo de camadas milimétricas a centimétricas de filito fino, intercaladas com metarenitos de areia fina, com veios de quartzo paralelos ao S0; III- Metarenito amarelado de areia fina a muito fina com quartzo buldinado.

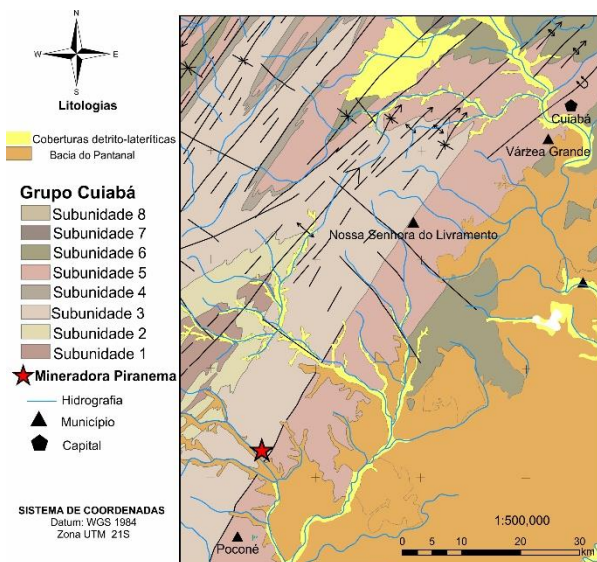


Figura 3: mapa geológico regional da Faixa Paraguaia. A estrela vermelha indica a localização da mineradora em estudo.

Metodologia

As seções de ER, PFE, MF e IP foram adquiridas com o eletrorresistímetro Syscal Pro 72 (Iris Instruments). Os dados foram adquiridos com a técnica do caminhamento elétrico, e arranjo dipolo dipolo. A escolha do arranjo deve-se ao baixo acoplamento eletromagnético, e à maior sensibilidade a variações horizontais de resistividade, sendo indicado para identificar estruturas verticais como fraturas (Loke, 2016).

As seções possuem direção NW/SE com comprimento de 420 metros e espaçamento entre os eletrodos de 10 metros (Figura 4).

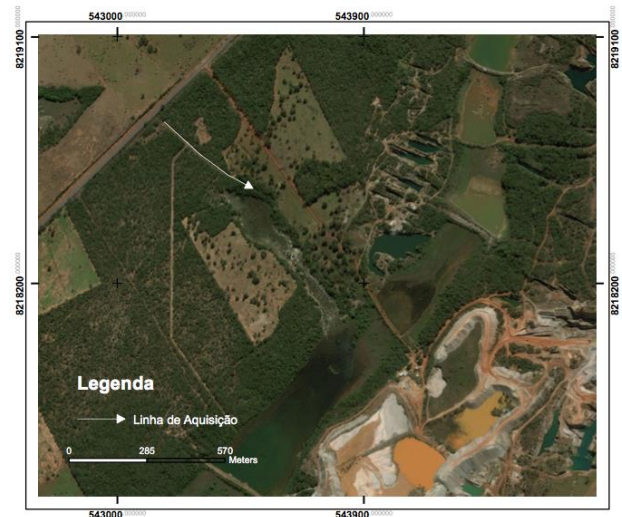


Figura 4: Mapa de localização da linha geofísica de aquisição indicado pela seta branca, às margens da MT-060.

Na aquisição dos dados de ER (Figura 5) usou-se uma voltagem de 400 V entre os eletrodos de corrente. Os registros de resistividade elétrica ocorreram em dois tempos distintos de injeção de corrente, 2 e 8 segundos, totalizando 628 medidas e 22 níveis de investigação para cada aquisição. Assim, geraram-se seções de PFE e FM usando-se as equações 1 e 2.

$$PFE = 100 \left(\frac{\rho_{a0} - \rho_{a1}}{\rho_{a1}} \right) \quad \text{Equação (1)}$$

$$FM = A \left(\frac{\rho_{a0} - \rho_{a1}}{\rho_{a0} \rho_{a1}} \right) \quad \text{Equação (2)}$$

Onde ρ_{a0} e ρ_{a1} correspondem as resistividades aparentes medidas em baixas e altas frequências, respectivamente.



Figura 5 – Fotografia evidencia a aquisição de dados de RES com tempos de injeção de corrente distintos para elaboração das seções de PFE e de MF.

A aquisição dos dados de IP (Figura 6) ocorreu com voltagem de 800 V entre os eletrodos de corrente, para o aumento da razão sinal/ruído. No campo usou-se um tempo de injeção e relaxamento de corrente de 4 segundos, totalizando uma seção com 345 pontos e 10 níveis de profundidade de investigação.

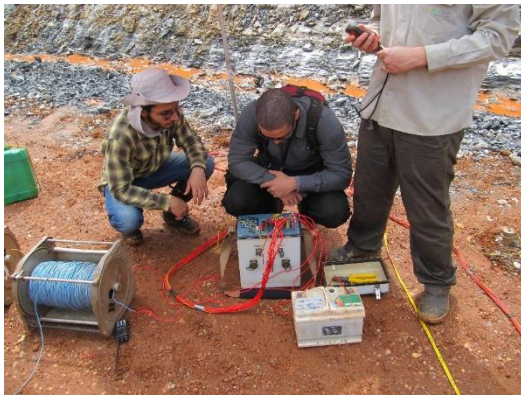


Figura 6 – Foto evidência a aquisição de dados de IP com o Syscal Pro 72.

A filtragem e a modelagem dos dados ocorreu nos softwares Prosys II (Iris Instruments) e no RES2DINV (GEOTOMO). O Prosys II foi utilizado para retirar dados inconsistentes do levantamento através da análise dos valores da resistência de contato, corrente, resistividade e curva de decaimento IP (Figura 7).

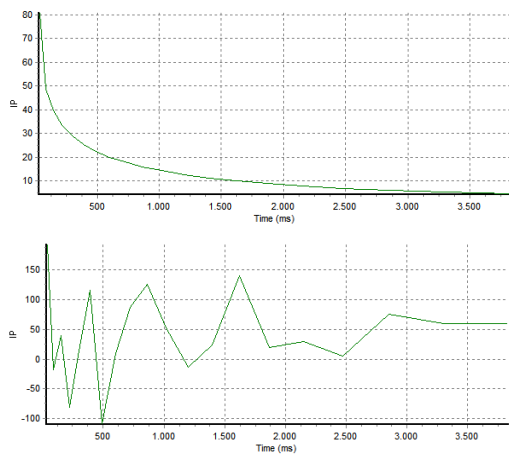


Figura 7 – Curvas do potencial elétrico durante o tempo de relaxamento da corrente. Acima, curva com bom comportamento. Abaixo curva com ruído, que foi removida dos dados.

No RES2DINV, fez-se a remoção de ruídos sistemáticos e aleatórios com as ferramentas *Remove Bad Data Points* (Figura 8) e *RMS error statistics* (Figura 9).

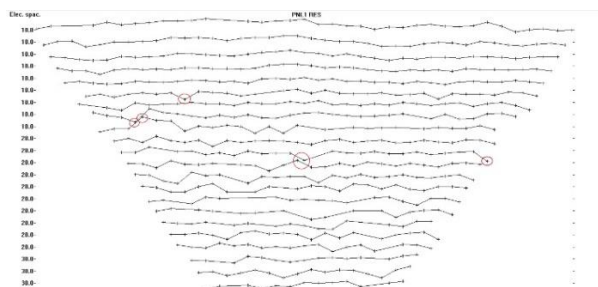


Figura 8 – Diagrama de distribuição dos pontos de resistividade amostrados em campo. As elipses em vermelho retratam alguns dos ruídos sistemáticos removidos na filtragem.

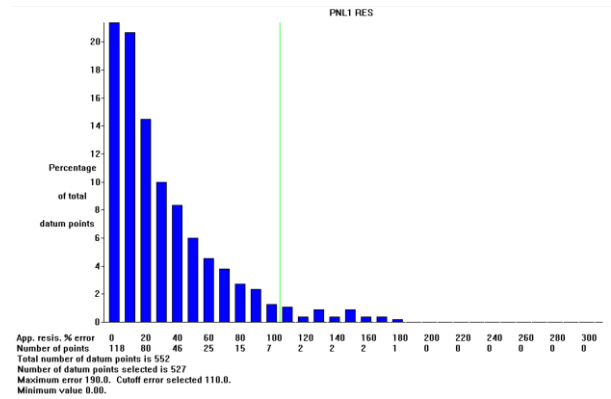


Figura 9 – Histograma de distribuição de erro entre os valores de resistividade medido e calculado (%), com o limite usado para exclusão dos pontos (linha verde).

Para determinar a distribuição em subsuperfície da resistividade elétrica verdadeira é necessário a técnica de inversão (Loke, 2015). O software RES2DINV utiliza o método matemático dos mínimos quadrados para fazer a inversão por suavização dos dados (Fachin, 2007). A inversão por mínimos quadrados utiliza o método de otimização por mínimos quadrados de Gauss-Newton (Loke e Barker, 1996). Dessa forma, foi possível obter o modelo de resistividade (Figura 11) e de cargabilidade para o meio.

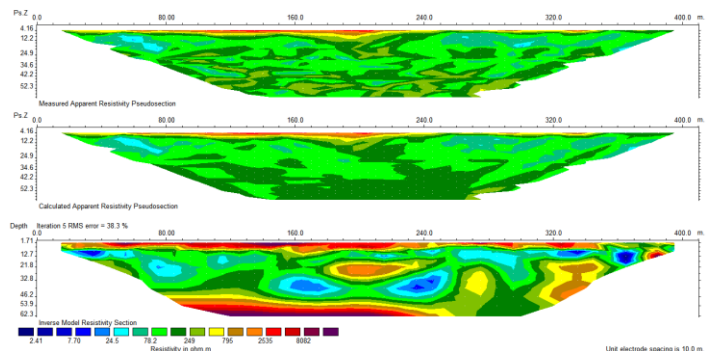


Figura 10 – seções de resistividade medida (acima), calculada (centro) e inversa (abaixo) obtidas após o procedimento de inversão no software RES2DINV.

Resultados

A seção de ER (Figura 11) foi obtida com 5 iterações apresentando erro RMS final de 39,5%, com valores de resistividade de 14,2 Ohm.m a 12814,1 Ohm.m. Esse dado foi o maior responsável pela delimitação de estruturas e identificação de litologias para o modelo geológico.

A seção de IP (Figura 12) foi obtida após 5 iterações apresentando erro RMS final de 7,1% com valores de cargabilidade de 0,1 mV/V a 72 mV/V. Essa seção foi utilizada para identificar as principais zonas mineralizadas (Figura 13)

O perfil obtido pelo PFE (Figura 13) foi gerado após 5 iterações com erro RMS final de 20,6%, o intervalo de valores observado vai de 0,01% a 134,1%. O perfil de

MF (Figura 14) foi gerado com 6 iterações e erro RMS de 126,5%, e intervalo de valores da ordem de 1,56 1/ohm.m a 7106,8 1/ohm.m. Esses produtos auxiliaram na elaboração do modelo geológico final, sendo utilizados para confirmar hipóteses de estruturas geológicas e mineralizações observadas nas seções de ER e M.

As anomalias e as feições observadas nos modelos elétricos foram correlacionadas, posteriormente, para gerar um modelo geológico-geofísico (Figura 15 a).

O modelo apresenta 3 camadas geoeletricas. A camada em vermelho (Figura 15 b) representa o solo, atingindo até 10 metros de profundidade e resistividade de 2710 até 4700 Ohm.m. A camada cinza claro (Figura 15 b) ilustra a zona de intemperismo, assim definido devido a baixa resistividade observada de 38 a 90 Ohm.m, e encontra-se no intervalo de 4 a 30 metros. A camada cinza escura (Figura 15 b) representa a rocha sã, devido a alta resistividade observada de 191 a 950 Ohm.m, e se localiza no intervalo de 20 a 62,3 metros, composta por uma intercalação de metarenito e filito. Além das camadas, 5 estruturas verticais foram delimitadas na figura 15 b, posicionadas em 75, 150, 240, 295 e 365 metros e resistividades próximas de 80 Ohm.m, essas feições são compatíveis espacialmente com as anomalias de IP, MF e PFE (Figura 15 c, d, e) e sugerem a ocorrência de zonas sulfetadas.

Conclusões

O método da ER foi eficaz na detecção de estruturas verticalizadas. As anomalias dos perfis de IP, PFE e MF apresentam boa correlação espacial com essas estruturas. Isso foi determinante para confirmação de zonas anômalas, relacionadas a fraturas preenchidas por quartzo com sulfetos. A análise conjunta dos resultados adquiridos pela RES, IP, PFE e MF

possibilitou a formulação de um modelo geológico-geofísico condizente com a geologia local.

Referências Bibliográficas

BARBOZA, E. S. 2008. Gênese e controle estrutural das mineralizações Auríferas do Grupo Cuiabá, na Província Cuiabá - Poconé, centro Sul do Estado de Mato Grosso – Brasil. Tese (Doutorado)- Universidade do Estado do Rio de Janeiro,2008.

FACHIN, S. J. S. 2007. Ensaio geoeletricos 2D no antigo lixão de Ribeirão Preto - SP: avaliação de parâmetros de aquisição e monitoramento ambiental do problema. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto - SP,Brasil.

LOKE M.H., BARKER R.D.,1996. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections using a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting*, 44, 131-152.

LOKE, M.H., CHAMBERS, J.E., RUCKER, D. F., KURAS, O., WILKINSON, P. B., 2013. Recent developments in the direct-current geoelectrical imaging method. *Journal of Applied Geophysics* , 95, 135-156.

LOKE, M.H. 2015. Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. 177p.

SILVA, C. H., SIMÕES, L. S. A., RUIZ A. S. 2002. Caracterização estrutural dos veios auríferos da região de Cuiabá, MT. *Revista Brasileira de Geociências*, 32:407-418.

TOKASHIKI C.C., SAES G.S. 2008. Revisão estratiográfica e faciologia do Grupo Cuiabá no alinhamento Cangas-Poconé, Baixada Cuiabana, Mato Grosso. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(4):661-675.

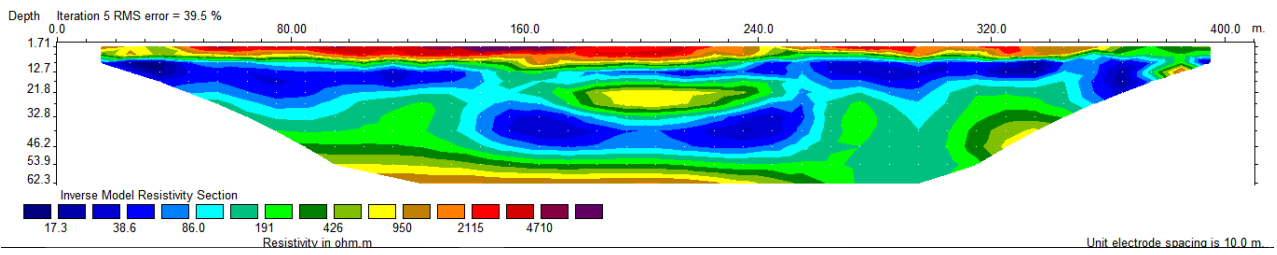


Figura 12 - seção de eletrorresistividade, arranjo dipolo-dipolo, espaçamento de eletrodos de 10 metros.

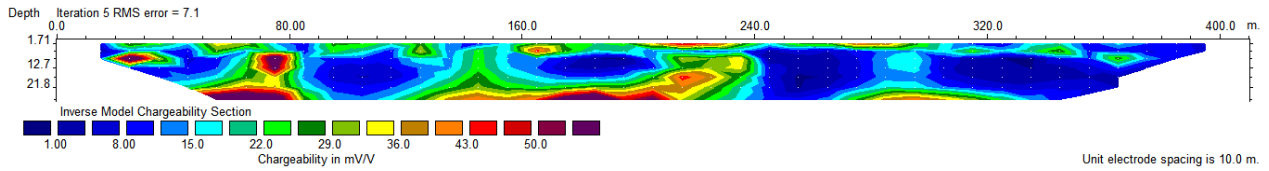


Figura 13 - seção de polarização induzida, arranjo dipolo-dipolo, espaçamento de eletrodos de 10 metros.

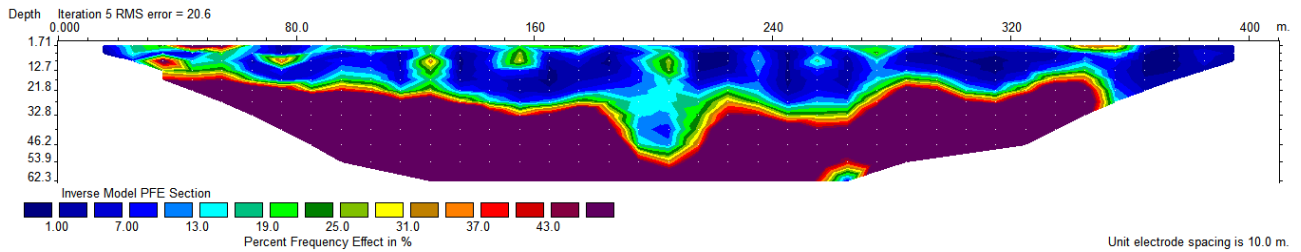


Figura 14 - seção de porcentagem de efeito de frequência, arranjo dipolo-dipolo, espaçamento de eletrodos de 10 metros.

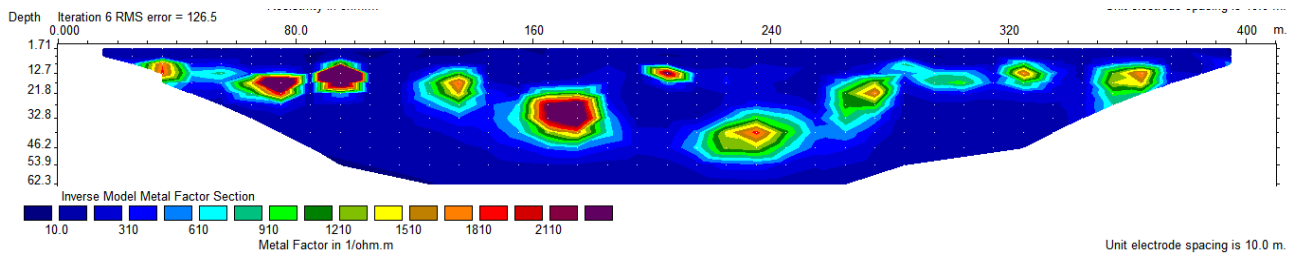


Figura 15 - seção de fator metal, arranjo dipolo-dipolo, espaçamento de eletrodos de 10 metros.

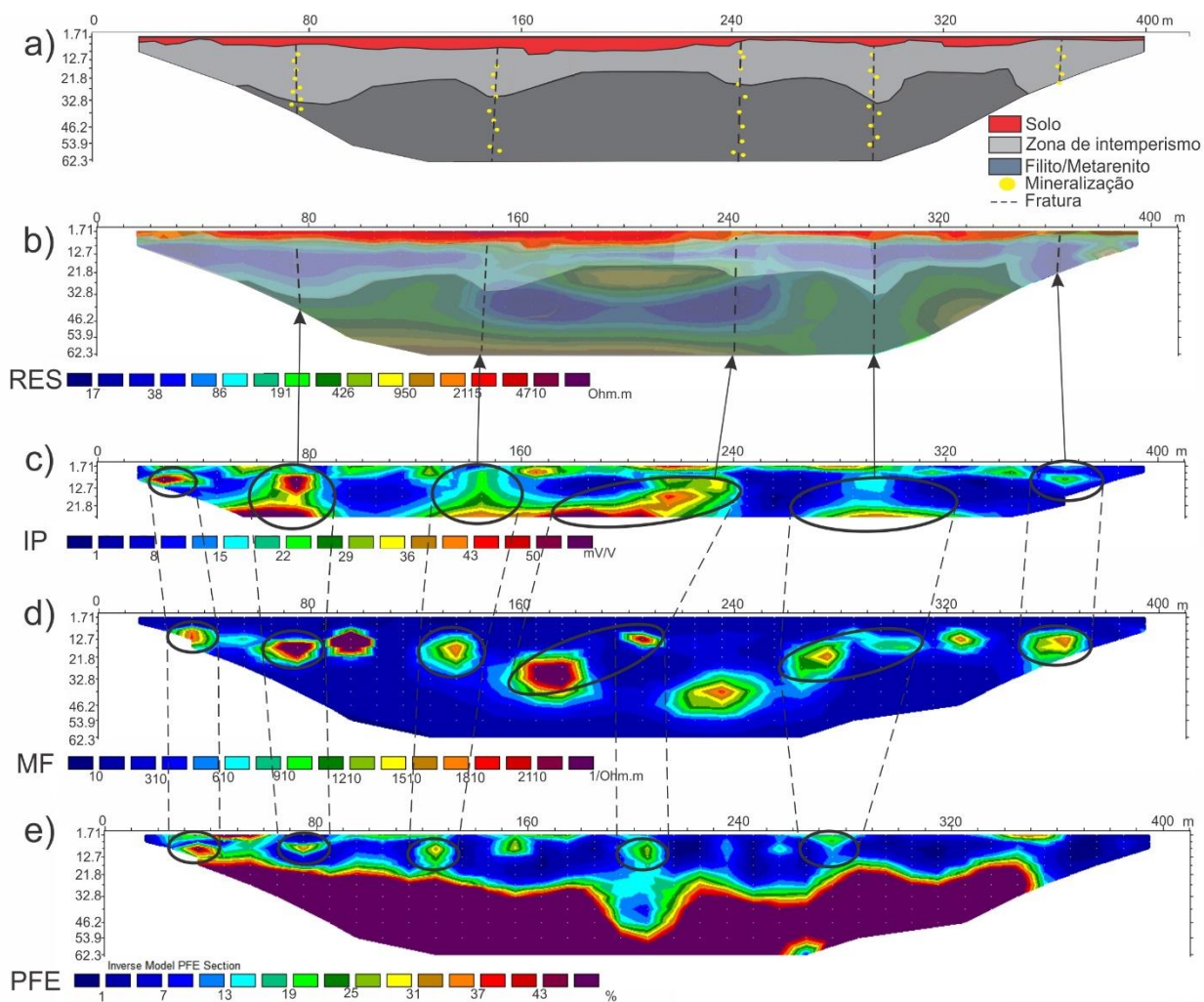


Figura 16 – Análise de dados e correlação de anomalias encontradas nas seções de eletrorresistividade (b), polarização induzida (c), fator metal (d) e porcentagem de efeito de frequência (e), para elaboração do modelo geológico-geofísico (a)