

DIAGNÓSTICO HIDROGEOLÓGICO DA MINA OSAMU UTSUMI (POÇOS DE CALDAS-MG) POR MEIO DE ANÁLISE ESTRUTURAL E ENSAIO GEOFÍSICO

Débora Andrade Targa ¹, César Augusto Moreira ², Pedro Lemos Camarero ³

¹ Universidade Estadual Paulista – Rio Claro (SP). debora.targa@gmail.com.

² Universidade Estadual Paulista – Rio Claro (SP). moreirac@rc.unesp.br

³ Universidade Estadual Paulista – Rio Claro (SP). camarero@folha.com.br

Palavras-Chave: Hidrogeologia; Aquífero; Fraturas; Eletorresistividade

INTRODUÇÃO

A Mina Osamu Utsumi, localizada no município de Caldas – MG, foi durante muito tempo alvo de exploração de minério de urânio e hoje está em fase descomissionamento. A implantação do empreendimento mineiro promoveu profundas modificações no padrão natural dos fluxos hidrológicos tanto superficiais quanto subsuperficiais (Holmes et al. 1992). O avanço das escavações causou o desconfinamento dos maciços rochosos, o que gerou um alívio de tensões e contribuiu para o aumento das descontinuidades (Zea Huallanca, 2004).

No caso de exploração de insumos minerais associados a sulfetos, como é o caso do urânio, a percolação de água em fraturas dos maciços rochosos contribui para a formação de drenagem ácida. Esta é resultado da oxidação dos minerais sulfetados, principalmente a pirita (FeS₂), na presença de água e oxigênio. A redução do pH das águas provoca a solubilização de metais pesados encontrados tanto nos maciços rochosos quanto nas pilhas de estéril, como Cu, Ni, Cd, U, Mn e Zn, com incremento da mobilidade e risco de carreamento para as drenagens da região, com impactos diretos nos mananciais superficiais e subterrâneos (Carvalho et al. 2000).

O tratamento das águas ácidas na mina representa uma grande parcela dos gastos com a manutenção do empreendimento, em função do grande volume de água que interage com os sulfetos dos maciços e escoar até à cava. A perspectiva é de que as drenagens ácidas perdurem por séculos, com custos de manutenção exorbitantes (Murta et al. 2008).

Com o intuito de compreender a dinâmica hidrológica próxima à cava da mina e contribuir para a adoção de medidas remediadoras que contenham a formação de drenagem ácida, o presente trabalho traz uma análise conjunta entre o levantamento de medidas estruturais dos planos de fraturas dos maciços e o método de eletorresistividade a partir do arranjo Schlumberger e técnica do imageamento elétrico, com o intuito de identificar os caminhos preferenciais para a percolação dos fluxos subterrâneos e possíveis zonas saturadas.

OBJETIVO

O estudo tem por objetivo fazer uma análise estrutural dos maciços rochosos integrada com o método de eletorresistividade a partir do arranjo Schlumberger, a fim de obter um diagnóstico hidrogeológico das frentes de lavra da Mina Osamu Utsumi.

MATERIAIS E MÉTODOS

O objeto de estudo consiste na cava da mina, composta por quatro frente de lavra designadas como frentes NE, SE, SW e NW. As frentes SE e NW foram submetidas à aplicação do método de eletorresistividade a partir do arranjo Schlumberger e técnica de imageamento elétrico (Figura 1). Ademais, levantamento de dados estruturais dos planos de fraturas foi realizado em todas as frentes de lavra.

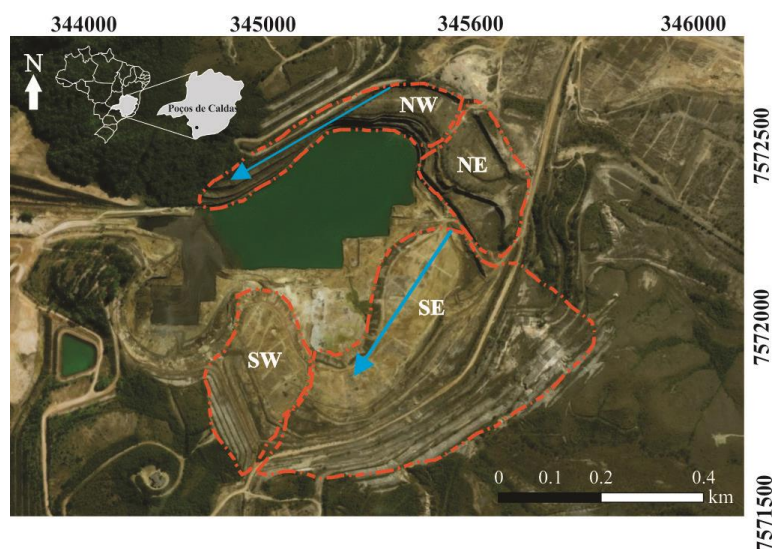


Figura 1. Cava da Mina Osamu Utsumi e as quatro frentes de lavras onde foram feitos os levantamentos estruturais. As setas azuis indicam as linhas geofísicas realizadas nas frentes SE e NW e sua direção

A aquisição de dados estruturais consistiu no levantamento dos planos de fraturas nos taludes de rocha das quatro frentes de lava. As medições foram feitas com bússola Brunton e notação Clar (direção de mergulho/ mergulho), cuja declinação magnética local é de $21^{\circ}37'$. Um total de 755 medidas foram levantadas das quatro frentes e registrada a presença e/ou indícios de fluxos de água nas discontinuidades dos maciços rochosos. Os dados foram organizados em forma de estereogramas e rosetas por meio do Software Openstereo. Na frente SE, foram levantadas 255 medidas, enquanto nas demais frentes foram medidas 150 planos de fraturas.

Para o ensaio geofísico, foram adquiridas duas linhas geofísicas dispostas paralelamente às bancadas das frente SE e NW. As linhas apresentavam 400 metros de comprimento e alcançaram uma profundidade de investigação de 80 metros a partir da superfície. O ensaio foi realizado por meio do resistímetro ABEM Terrameter LS de 84 canais e potência de 250W. Os dados geofísicos coletados foram processados no programa Res2Dinv (Geotomo Software) para a elaboração de modelos de inversão de dados a partir dos dados de entrada. Esse tipo de equipamento é calibrado para medidas de resistividade por meio de ciclos periódicos de corrente elétrica alternada e de baixa frequência, procedimento que permite a filtragem de ruídos do sinal adquirido (ABEM, 2012).

A análise conjunta do ensaio geofísico e levantamento de dados estruturais permitiu identificar os caminhos preferenciais de percolação de água e, assim, entender a dinâmica hidrogeológica da cava da Mina Osamu Utsumi.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento estrutural realizado na Mina Osamu Utsumi indicou que as principais famílias de fraturas apresentam direção NE-SW com mergulho para NW e subordinadamente direção NW-SE com mergulho tanto para NE quanto para SW. O trabalho de Waber et al. (1992) sugere que a rede de drenagem do Maciço Alcalino de Poços de Caldas, onde a mina está inserida, apresenta um forte controle estrutural, cujos canais fluem da porção sudeste em direção a porção noroeste em direção ao município de Poços de Caldas - MG, resultado compatível com os dados estruturais obtidos nas frentes de lava.

A análise do padrão de fraturamento também indicou que, em todas as frentes de lava, os planos de fraturas se projetam para dentro da cava da mina, o que favorece a canalização da água para o seu centro e forma uma espécie de bacia que coleta as águas provenientes dos maciços rochosos (Figura 2). As famílias

de fraturas se intersectam e formam canaletas que mergulham em direção a cava, por onde é possível observar a surgência de água ou indícios de percolação de água na forma de manchas esbranquiçadas.

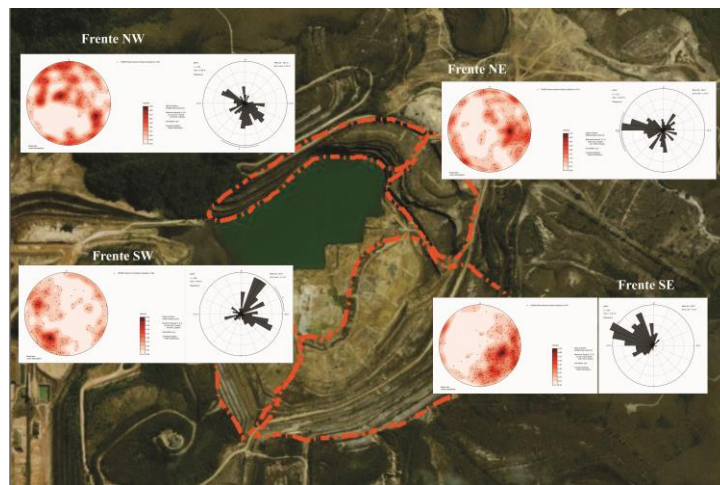


Figura 2. Resultado do levantamento estrutural referente à cada frente de lava

O ensaio geofísico a partir do método da Eletroresistividade trabalha com o contraste de resistividade dos materiais geológicos em subsuperfície e permite a identificação de discontinuidades no maciço assim como zonas de escoamento dos fluxos subterrâneos. As zonas de alta resistividade são interpretadas como um domínio em que a rocha apresenta um menor grau de fraturamento e de alteração e, portanto, corresponderiam a porção inalterada da rocha. Já as zonas de baixa resistividade são tratadas como zonas saturadas e de maior percolação de água.

A linha geofísica da frente SE (Figura 3) apresentou uma zona com altos valores de resistividade, acima de $2000 \Omega.m$, representada pelas cores vermelha e roxo. Essa região foi interpretada como o topo de uma rocha inalterada do maciço devido a sua orientação preferencialmente horizontal e por ser uma zona possivelmente pouco fraturada e não saturada. Uma zona com baixos valores de resistividade também foi identificada, abaixo de $15 \Omega.m$, com uma influência entre as cotas 1340 m (superfície do terreno) e 1320 m. No mesmo lugar em que foi identificada a zona de baixa resistividade, foi registrada a surgência de água na face do talude, além do crescimento de pequena vegetação e musgos. Como os planos das discontinuidades mergulham a favor da face do talude, a zona saturada do maciço tem seu fluxo canalizado em direção a cava e, assim, ocorre a surgência de água.

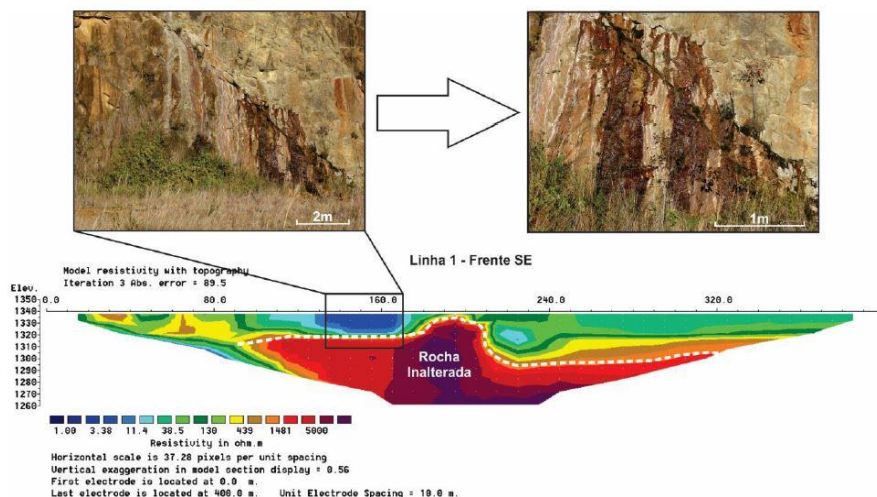


Figura 3. Linha geofísica da frente SE

A linha geofísica da frente NW (Figura 4), semelhante a linha geofísica anterior, também apresentou uma zona com altos valores de resistividade interpretada como uma porção de rocha inalterada do maciço, cuja percolação é muito baixa ou inexistente. A zona de baixa resistividade é coincidente com a percolação de água na face do talude, com acúmulo de água na canaleta de drenagem da berma e presença de vegetação, e intenso fraturamento do maciço. Assim, como na frente SE, os planos das discontinuidades mergulham a favor da face do talude, o que permite a canalização do fluxo na zona saturada e consequente surgência de água na frente do talude.

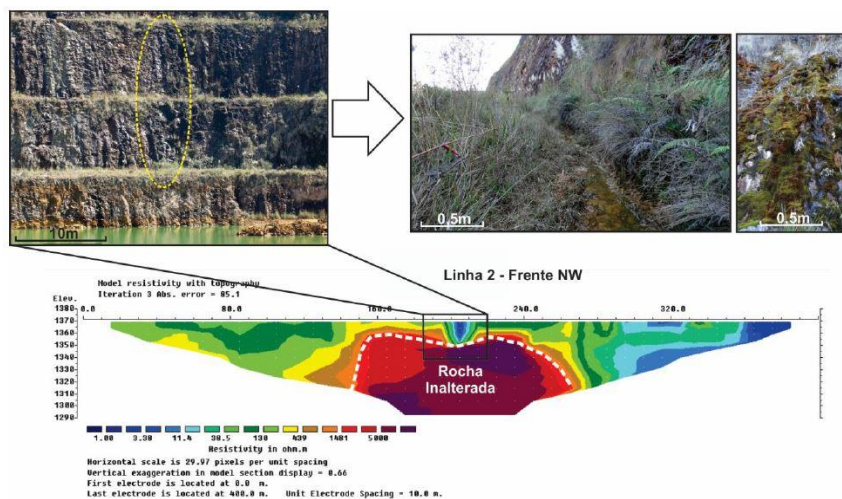


Figura 4. Linha geofísica da frente NW

CONCLUSÃO

Os métodos empregados no estudo se mostraram satisfatórios e possibilitaram uma interpretação concreta da dinâmica hidrogeológica da área próxima à cava da Mina Osamu Utsumi. O meio foi interpretado como um aquífero fraturado com uma boa condutividade hidráulica em função da disposição espacial dos planos de fratura. Ademais, a integração dos dados estruturais e geofísicos revelou que existem zonas saturadas nos maciços e, como os planos de fratura mergulham em direção à cava da mina, os fluxos subterrâneos são canalizados em direção à face do talude, onde ocorre a surgência de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEM. Instruction Manual Terrameter LS, Suécia. 122f. 2012.
- Carvalho, M. S.; Ferreira, E. M. Estudo para eliminar metais radioativos e outros efluentes industriais pode recuperar águas para uso agrícola ou industrial. Resumo. 2000.
- Holmes, D. C.; Pitty, A. E.; Noy, D. J. Geomorphological and hydrogeological features of the Poços de Caldas caldera analogue study sites. *Journal of Geochemical Exploration*, 45, p. 215 – 247, 1992.
- Murta, F. C.; Leite, A. L.; Lima, H. M. Estudos cinéticos de sistemas de coberturas alcalinas em pilha de estéril para prevenção de drenagem ácida de mina. *Revista Brasileira de Geociências*, 38(2), p. 227-236, 2008.
- Waber, N.; Schorscher, J. H. D.; Peters, T. Hydrothermal and supergene uranium mineralization at Osamu Utsumi Mine, Poços de Caldas, Minas Gerais, Brazil. In: N. A. Chapman; I. G. MCKINLEY; M. E. Shea; J. A. T. Smallie (Editores), *The Poços de Caldas Project: Natural Analogues of Processes in a Radioactive Waste Repository*. *Journal of Geochem. Explor.*, 45, p. 53-112, 1992.
- Zea Huallanca, R. E. Mecanismos de ruptura em taludes altos de mineração a céu aberto. 2004. 132p. Dissertação de mestrado em Geotecnia. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP. 2004.