

Correlação entre dados topográficos e de sensoriamento remoto para caracterização de solos ultramáficos na região de Barro Alto, Goiás⁽¹⁾

Leide Rovênia Miranda de Andrade⁽²⁾; Ana Clara Alves de Melo⁽³⁾; Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento⁽³⁾; Fabiana de Góis Aquino⁽²⁾; Bárbara Silva Pachêco⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do PCT Embrapa/Anglo American Níquel Brasil Ltda.

⁽²⁾ Pesquisadora; Embrapa Cerrados; Planaltina, DF; leide.andrade@embrapa.br; ⁽³⁾ Estudante; Universidade de Brasília, Campus Planaltina; Planaltina, DF; ⁽³⁾ Professor; Universidade de Brasília - Campus Planaltina; Planaltina, DF; carlostadeu@unb.br; ⁽⁵⁾ Bióloga, Fundação Eliseu Alves, Brasília, DF

RESUMO: O presente estudo propõe a utilização de um método baseado na correlação estatística de dados de sensoriamento remoto oriundos dos programas Landsat 8 e SRTM, como estratégia para reconhecimento dos solos na Zona Ultramáfica do complexo de Barro Alto, visando subsidiar os trabalhos de revegetação de superfícies impactadas pela mineração de Ni. Na área de estudo, seis grupos estatísticos foram relacionados com aspectos do modelo de elevação (SRTM) e da imagem de satélite (Landsat 8). Como resultado do cruzamento das informações gerou-se um mapa de agrupamentos onde a topografia foi o fator estatisticamente mais determinante; a principal contribuição da imagem de satélite para o mapa foi a indicação de áreas com solo exposto, vegetação densa e vegetação rala; o elevado contraste entre áreas de solo exposto e com vegetação não favoreceu o estabelecimento de subgrupos estreitamente vinculados à composição solo. A utilização de outra(s) composição(ões) poderia(m) fornecer resultados mais precisos.

Termos de indexação: espécies nativas; mineração de Ni; recuperação de áreas mineradas.

INTRODUÇÃO

Barro Alto situa-se em Goiás, 180 km a noroeste de Brasília. Trata-se de uma região com importantes depósitos de níquel laterítico. Estes depósitos possuem reservas da ordem de 116 milhões de toneladas com dois milhões de toneladas de níquel (Ni).

O Complexo de Barro Alto tem a forma de um arco com concavidade dirigida para noroeste. Seu comprimento é de aproximadamente 150 km, com larguras que vão desde a mínima de oito km (região norte) até 25 km (região central). As porções mineralizadas situam-se na Zona Ultramáfica, no centro do maciço (Figura 1). A rocha matriz dos corpos de minério é um peridotito serpentinizado com teor aproximado de 0,25% de Ni (Baeta Júnior, 1986).

Os maciços ultramáficos de Barro Alto também têm sido estudados quanto as suas particularidades edáficas e botânicas (Andrade et al., 2011; Aquino et al., 2011). Os solos destas formações são

caracterizados por teores excessivos de metais (Ni, Cr, Mn, Co), alta relação Mg/Ca e baixo nível de nutrientes (N, P, K, Ca). A vegetação nativa é adaptada a estes ambientes edáficos tão restritivos ao desenvolvimento de espécies sensíveis aos níveis elevados de metais no solo. As características adaptativas possibilitam que estas espécies possam ser utilizadas na revegetação de superfícies mineradas.

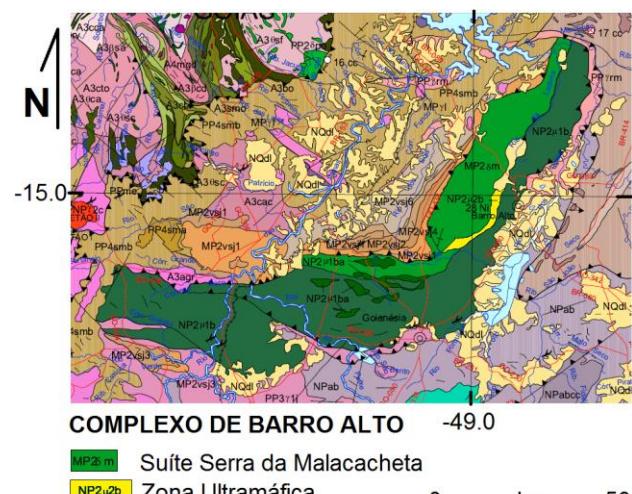


Figura 1 – Mapa geológico da área de estudo, modificado de Lacerda Filho et al. (2004).

Trabalhos já executados na região possibilitaram identificar dois tipos de solo principais, selecionados de acordo com observações topográficas, geoquímicas e geológicas do departamento de geologia da mineradora Anglo American: saprolíticos (SAP), em encostas, e lateríticos (LAT), em áreas mais planas.

Solo SAP apresenta teores elevados de Ni semi-total (extrator químico Áqua Regia) na ordem de 12.000 mg Ni Kg⁻¹ solo e alta biodisponibilidade de Ni (extrator químico DTPA), em torno de 650 mg Ni Kg⁻¹; já o solo LAT caracteriza-se por teores mais baixos de Ni semi-total, 7.000 mg Ni Kg⁻¹ solo, e de Ni-biodisponível, por volta de 100 mg Ni Kg⁻¹ solo (Andrade et al. 2011).

Estes trabalhos foram executados na porção sul da Zona Ultramáfica, próximo a áreas de extração de minério, as quais deverão ser revegetadas. Ocorre que esta Zona possui aproximadamente 20 km de extensão sendo que ao longo deste comprimento ocorrem outras áreas onde a recuperação por meio do cultivo de espécies nativas também se faz necessária.

O presente estudo propõe a utilização de um método baseado na correlação estatística de dados de sensoriamento remoto oriundos dos programas Landsat 8 e SRTM, como estratégia para reconhecimento dos solos na Zona Ultramáfica do complexo de Barro Alto e, posteriormente, mediante comprovação *in loco*, a fitofisionomia predominante sobre estes solos. O cruzamento destas informações poderá gerar mapas que possibilitarão, por exemplo, identificar áreas intactas que deverão ser preservadas como banco de sementes e de propágulos da vegetação típica Ultramáfica, para uso nos trabalhos de revegetação de superfícies impactadas pela mineração de Ni.

MATERIAL E MÉTODOS

O programa SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) advém de cooperação entre as agências espaciais dos Estados Unidos, Alemanha e Itália. O sobrevo da SRTM ocorreu no período de 11 a 22 de fevereiro de 2000. A técnica empregada foi a interferometria de radar, onde o sinal emitido é recebido por duas antenas separadas por uma distância fixa permitindo o cálculo da elevação da superfície (Florenzano, 2008). Os dados SRTM para o território brasileiro são disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária dentro do projeto Brasil em Relevo, organizados segundo o padrão da Carta do Brasil ao Milionésimo e com resolução espacial de 90 metros (Miranda, 2005).

No presente trabalho foi utilizada a folha SD-22-Z-D. A partir dos dados topográficos do terreno, realizou-se um recorte da área de interesse para em seguida gerar o modelo de elevação deste local (Figura 2).

O mesmo recorte utilizado para o modelo de elevação foi feito nas imagens Landsat. Os satélites da série Landsat foram os primeiros destinados à observação terrestre. Neste trabalho, utilizaram-se imagens do Landsat 8, com resolução espacial de 30 metros.

Para a área de estudo foi utilizada a cena de órbita 222; ponto 70 e data da passagem em 17 de fevereiro de 2014. A escolha da cena baseou-se em ausência de nuvens e data mais atual.

Nas imagens selecionadas, foi feito o recorte da área de interesse e na sequência foi elaborada uma

composição colorida RGB. As bandas utilizadas foram 5 (R), 6 (G) e 4 (B) (Figura 3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No modelo de elevação descrito na Figura 2, foi possível identificar quatro regiões, respectivamente: abaixo de 820 metros; entre 820 e 940 metros; entre 940 e 1.020 metros e acima de 1.020 metros.

Na composição colorida (Figura 3), correspondente à imagem de satélite, observam-se duas regiões bem delimitadas. Uma delas, com predomínio da cor azul corresponde à Zona Ultramáfica do complexo de Barro Alto. A outra, com predomínio da cor vermelha corresponde às faixas laterais, tanto a norte como a sul da Zona Ultramáfica. Os tons mais escuros, principalmente de vermelho, se associam com áreas de vegetação mais densa. Os tons mais claros, principalmente de azul se associam com solo exposto.

Para fins de correlação numérica com a topografia, a composição colorida foi convertida numa figura onde a cor de cada pixel assumiu um valor entre -7 e 263 (Figura 4). Os valores numéricos associados tanto ao modelo de elevação como à figura derivada da composição colorida foram interpolados com o mesmo tamanho de célula, gerando-se duas planilhas, ambas com 67 linhas e 100 colunas. Os dados topográficos são expressos em metros, ao passo que os valores da imagem são adimensionais. Além disto, o intervalo de variação dos valores é diferente. Por este motivo efetuou-se uma padronização, subtraindo cada valor da média aritmética e dividindo a diferença pelo desvio padrão do parâmetro. Logo após foi feita uma análise de grupos, com seis grupos e duas variáveis: cor e elevação (Figura 5).

A análise de agrupamentos é uma técnica que procura estabelecer grupos dentro de um conjunto maior de objetos, medindo a semelhança entre eles (Davis, 1986). O procedimento habitualmente começa considerando cada objeto como sendo um conjunto unitário, e a partir daí os conjuntos vão sendo reunidos com base na sua similaridade.

Na área de estudo, os seis grupos estatísticos foram relacionados com aspectos do modelo de elevação e da imagem de satélite (Figura 5).

Os grupos 3 e 6 correspondem às áreas com menos de 820 metros de altitude, sendo que no caso do grupo 6, que ocorre fora da Zona Ultramáfica, estas áreas têm vegetação densa e no caso do grupo 3, que ocorre dentro da Zona Ultramáfica, predomina vegetação rala e solo exposto. Aquino et al. (2011) descrevem a vegetação característica sobre solos ultramáficos como rala, do tipo Campo Sujo, com predominância de espécies arbustivas e herbáceas (principalmente gramíneas), de baixo porte, sem dossel contínuo.

Por outro lado, a vegetação que cresce ao redor da Zona Ultramáfica, com solos de origem máfica, relativamente férteis e de baixa acidez, é mais densa, com espécies arbóreas altas e dossel contínuo.

Os grupos **1** e **2** correspondem às áreas com altitude entre 820 e 940 metros, sendo que no caso do grupo **1**, que ocorre fora da Zona Ultramáfica, estas áreas têm vegetação densa e no caso do grupo **2**, que ocorre dentro da Zona Ultramáfica, predomina vegetação rala e solo exposto.

O grupo **4** corresponde às áreas com altitude entre 940 e 1.020 metros e o grupo **5**, às áreas com mais de 1.020 metros de altitude, ambas com predominância de solo exposto.

Com base nas análises das Figuras citadas anteriormente infere-se que: a) a vegetação nativa de solos ultramáficos (*rala*) foi detectada nos grupos **2** e **3**, ocorrendo em solos com altitudes inferiores a 940 metros; b) a vegetação *densa* esteve presente nos grupos **1** e **6**, ocorrendo fora da Zona Ultramáfica, crescendo em altitudes inferiores a 940 metros; c) solos expostos foram observados nos grupos **4** e **5**, na sua maioria fora da Zona Ultramáfica e acima de 940 metros. Provavelmente, a exposição do solo não se deveu à atividade mineradora de Ni.

CONCLUSÕES

- ✓ Como características gerais do mapa de agrupamentos, a *topografia* foi o fator mais determinante para o estabelecimento de agrupamentos estatísticos;
- ✓ A principal contribuição da *imagem de satélite* para o mapa de agrupamentos foi a indicação de áreas com *solo exposto*, *vegetação densa* e *vegetação rala*;
- ✓ O elevado contraste entre áreas de solo exposto e com vegetação não favoreceu o estabelecimento de subgrupos estritamente vinculados à composição solo. Entretanto, cabe lembrar que a análise estatística foi realizada sobre uma única composição colorida e que a utilização de outra(s) composição(ões) poderia(m) fornecer resultados diferentes;
- ✓ De acordo com o definido no Mapa de Agrupamentos deste estudo, as áreas prioritárias para preservação da vegetação nativa como banco de sementes estariam inseridas em áreas associadas aos grupos **2** e **3**.

AGRADECIMENTOS

À Anglo American Níquel Brasil Ltda, Unidade Barro Alto; à Universidade de Brasília; à Embrapa Cerrados.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. R. M.; AQUINO, F. G.; MIRANDA, Z. J. G.; MUNIZ, D. H. F. Caracterização química e física de solos e dos teores de nutrientes em plantas nativas do maciço ultramáfico da região de Niquelândia/Barro Alto. In: ANDRADE, L. R. M. & AQUINO, F. G. (Eds) Workshop sobre Relações entre metais do solo e a biodiversidade no cerrado: ferramentas para a conservação e a recuperação de áreas degradadas, 2. Anais... Planaltina, Embrapa Cerrados, 2011. p. 51-57.
- AQUINO, F. G.; VIANA, R. M.; MIRANDA, Z. J. G.; ANDRADE, L. R. M. Richness, abundance and species composition in different areas of the ultramafic soils in Central Brazil. In: 7th international conference on serpentine ecology, 2011, Coimbra, Portugal, 2011. p.91.
- BAETA JÚNIOR, J. D. A. As jazidas de níquel laterítico de Barro Alto, Goiás. In: SCHOBENHAUS, C. & COELHO, C. E. S. Principais depósitos minerais do Brasil volume II ferro e metais da indústria do aço. Brasília, Departamento Nacional da Produção Mineral, 1986. 315-323.
- DAVIS, J. C. Statistics and Data Analysis in Geology. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1986.
- FLORENZANO, T. G. (org.) Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo, Oficina de Textos, 2008.
- LACERDA FILHO, J. V., VALENTE, C. R., BAHIA, R. B. C., LOPES, R. C., ROMANINI, S. J. OLIVEIRA, I. W. B., OLIVEIRA, C. C., SACHS, L. L. B., SILVA, V. A., BATISTA, I. H. Folha SD.22-Goiás. In: SCHOBENHAUS, C., GONÇALVES, J. H., SANTOS, J. O. S., ABRAM, M. B., LEÃO NETO, R., MATOS, G. M. M., VIDOTTI, R. M., RAMOS, M. A. B., JESUS, J. D. A. (eds.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistemas de Informações Geográficas-SIG. Programa Geologia do Brasil. Brasília, CPRM, 2004. CD-ROM.
- MIRANDA, E. E. Brasil em Relevo Carta SD-22-Z-D. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 25 fev. 2015.

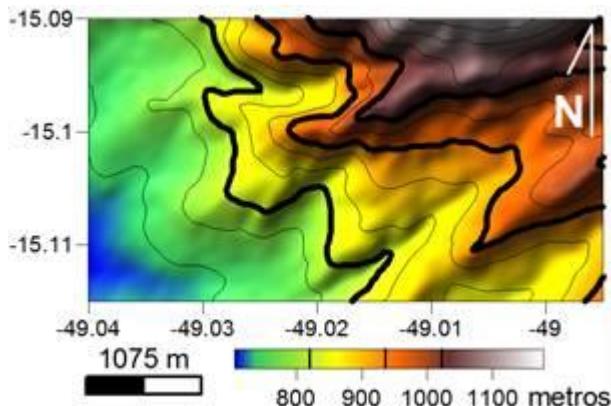


Figura 2 – Modelo de elevação do terreno.

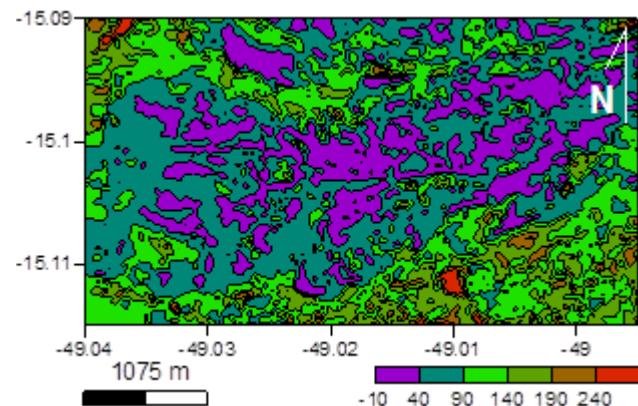


Figura 4 - Figura derivada da composição colorida.

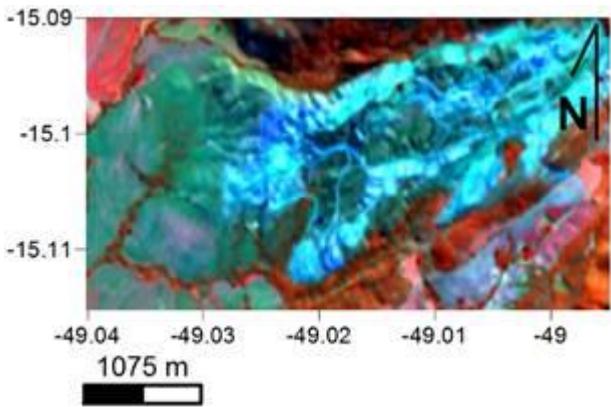


Figura 3 – Composição colorida RGB.

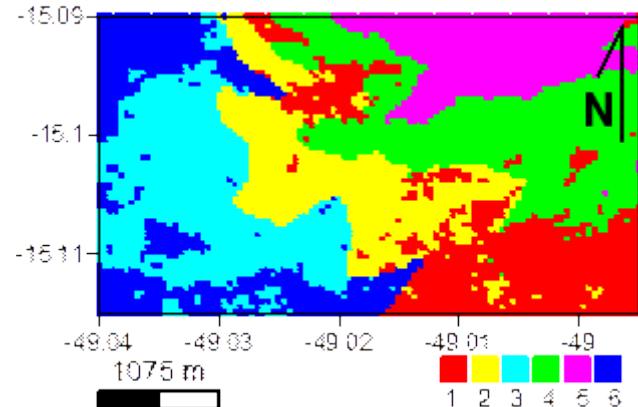


Figura 5 - Mapa de agrupamentos.