

Zoneamento da vegetação e sua relação com a ocorrência de estruturas mineralizadas na mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS, Brasil

Taís Cristine Ernst Frizzo¹ & Maria Luiza Porto²

¹ Laboratório de Ecologia de Paisagem, Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, tfrizzo@ig.com.br
² mlporto@ecologia.ufrgs.br

RESUMO – O conhecimento da vegetação em regiões de ocorrências minerais de cobre e ouro torna-se de grande importância para o desenvolvimento de tecnologias limpas de reabilitação de áreas degradadas pela mineração (fitorremediação) e na bioprospecção mineral. Buscou-se verificar a relação entre o padrão espacial e fitossociológico das unidades e subunidades de vegetação na mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS e a presença das mineralizações, com base em Ecologia de Paisagem. De acordo com os resultados obtidos, observa-se que a distribuição das unidades e subunidades de vegetação pode estar relacionada à posição geomorfológica, à declividade e ao manejo para o uso do gado. A unidade de vegetação *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus* parece estar relacionada às ocorrências de mineralizações (filões) de cobre e ouro, sendo necessária a comparação com outras áreas mineralizadas e não-mineralizadas para utilizar esse dado em prospecção mineral.

Palavras-chave: fitossociologia, fitorremediação, bioprospecção mineral, ecologia de paisagem, metais pesados.

ABSTRACT – **Vegetation zoning and its relation to the occurrence of ores in Volta Grande mine, Lavras do Sul, RS, Brazil.** The knowledge of vegetation in regions of copper and gold ore has become of great importance for the development of rehabilitation of clean technologies in areas degraded by mining (phytoremediation) and in the mineral bioprospecting. Based on Landscape Ecology studies were carried out to verify the relation between the spatial and phytosociological patterns of vegetation units and subunits at Volta Grande mine, in Lavras do Sul, RS, Brazil, and the presence of ore. According to the results, the distribution of vegetation units and subunits might be related to the geomorphological position, to the declivity, and to grazing. The vegetation unit *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus* seems to be related to the existence of copper and gold ores, being necessary to compare this area with other mineralized and non-mineralized areas in order to use such data in mineral prospecting.

Key words: phytosociology, phytoremediation, mineral prospecting, landscape ecology, heavy metals.

INTRODUÇÃO

Áreas mineralizadas de cobre e ouro vêm sendo exploradas desde o final do século XVIII no Rio Grande do Sul. Algumas áreas, abandonadas pelas mineradoras desde meados da década de 1980, apresentam uma vegetação característica que ocorre naturalmente sobre os rejeitos das pretéritas atividades de mineração. O conhecimento dessa vegetação torna-se de grande importância para o desenvolvimento de tecnologias limpas de reabilitação de áreas degradadas pela mineração (fitorremediação) e prospecção mineral geobotânica e biogeoquímica.

O cobre, utilizado como micronutriente pelas plantas, pode se tornar tóxico quando em altas con-

centrações no ambiente. Algumas plantas podem tolerar determinadas concentrações desse elemento no solo, podendo acumulá-lo em seus tecidos (Porto, 1981). *Becium homblei* (De Wild.) Duvign. & Plancke, que faz parte da flora cuprícola africana, pode crescer em locais contaminados e acumular altos níveis de cobre nas folhas, mesmo em solos com pequeno conteúdo desse metal na sua forma disponível (Reilly *et al.*, 1970; Howard-Williams, 1971; Reilly & Reilly, 1973; Brooks *et al.*, 1992).

O princípio da utilização de plantas na prospecção de depósitos minerais se baseia na sua habilidade de absorver e tolerar altas concentrações de metais em mineralizações de certa profundidade

(Cannon, 1960). O padrão de distribuição da vegetação pode fornecer informações da variação do meio e dos recursos potenciais em uma determinada área, pois reflete as características ambientais e a história do ecossistema (Neldner & Howitt, 1991). Nesse sentido, espécies de plantas e comunidades vegetais vêm sendo investigadas quanto à possibilidade de indicarem a ocorrência de mineralizações (Malyuga, 1964; Ernst, 1974; Porto, 1981; Brooks, 1983; Lima e Cunha, 1983). Wild & Bradshaw (1977) analisaram a vegetação na Rodésia, África Central, verificando a existência de uma zona gramínea central, onde estavam os mais altos teores de cobre. Ao seu redor, sobre um solo com menor conteúdo de cobre, constataram a presença de associações de geófitos e arbustos baixos, incluindo formas anãs de árvores que ocorrem naturalmente em solos não-tóxicos. Babalonas *et al.* (1997) relacionaram a mudança na fisionomia e a diminuição na riqueza das diferentes comunidades vegetais aos fatores do solo que tornavam o ambiente desfavorável, principalmente pela presença de cobre e chumbo em quantidades tóxicas. Ernst (1974), ao revisar a literatura mundial a respeito de plantas e comunidades vegetais relacionadas aos depósitos minerais, verificou que não havia estudos com o cobre na América do Sul. Após essa data, alguns trabalhos foram realizados. Porto (1981, 1983, 1986), ao investigar áreas de mineração no sul do Brasil, verificou mecanismos de resistência e tolerância aos metais pesados em plantas, denominando essa vegetação de “savana metalófila”.

As formações vegetais abertas têm sido muito investigadas na região, relacionadas à atividade pecuária (Boldrini, 1997; Girardi-Deiro *et al.*, 1994; Girardi-Deiro, 1999) e à presença de metais pesados no substrato (Porto, 1981; 1983; 1986; Lima e Cunha, 1982; 1988; Girardi-Deiro, 1999; Dal Piva, 2001; Zocche, 1989; 2002; Zocche & Porto, 1993; 2000; 2001; 2002; Frizzo, 2002; Frizzo & Porto, 2001; 2002; Sippel & Porto, 2002; Sippel, 2003). A maioria dos trabalhos apresenta considerações menos detalhadas sobre as formações florestais.

Partindo dessas considerações, no presente trabalho, pressupunha-se que a distribuição espacial e fitossociológica das unidades e subunidades de vegetação estaria relacionada à influência de metais pesados, em especial do cobre, no local de estudo. A partir dessa hipótese, objetivou-se reconhecer e relacionar a distribuição das unidades e subunidades de vegetação à ocorrência das mineralizações

(filões), fornecendo, assim, subsídios aos estudos de reabilitação de áreas degradadas pela mineração e de prospecção mineral na região.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A mina Volta Grande localiza-se no município de Lavras do Sul, RS, entre as coordenadas UTM 228500 a 230500 E e 6588000 a 6584000 N. O clima na região caracteriza-se por temperaturas entre 16 e 19°C e precipitações entre 1.300 e 1.600 mm, bem distribuídas ao longo do ano (Macedo, 1984). As rochas predominantes são lavas e piroclásticas andesíticas (Nardi & Lima, 1985). Ocorrem mineralizações de ouro e cobre primárias e secundárias, estas últimas em coluviões (Kaul, 1990). O relevo se apresenta dissecado em formas de colinas, com altitudes entre 180 e 353 m. Ocorrem solos litólicos distróficos e eutróficos e solos podzólicos, além de planossolos eutróficos associados às várzeas (Porcher & Lopes, 2000). As formações vegetais abertas predominam na região, ocorrendo manchas florestais no entorno dos corpos d'água ou em forma de capões nos topos das coxilhas.

Estudo da vegetação

Realizaram-se levantamentos fitossociológicos em oito tipos de manchas de vegetação homogêneas, nos anos de 2000 e 2001. Utilizou-se a amostragem estratificada sistemática (Matteucci & Colma, 1982). Optou-se pelo Método de Pontos (Levy & Maden, 1933 *apud* Mantovani & Martins, 1990) com uso de agulha isolada (Eden & Bond, 1945 *apud* Mantovani & Martins, 1990) na amostragem das manchas com vegetação herbácea (campos) e herbáceo-arbustiva (savanas) e pelo Método de Parcelas Contíguas (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974) nas manchas de vegetação arbórea e arbustivo-arbórea (florestas), ambos modificados e adaptados às condições da vegetação na área. A unidade amostral considerada estatisticamente englobou o levantamento de 10 pontos nas manchas de vegetação herbácea e de 4 pontos nas de vegetação herbáceo-arbustiva. Nas manchas de vegetação arbórea e arbustivo-arbórea, utilizou-se como unidade amostral a parcela de 100 m². As unidades amostrais foram dispostas linearmente no centro de cada mancha de vegetação amostrada.

A partir dos dados coletados em campo, calculou-se a densidade relativa para cada espécie, em cada unidade amostral. Esses dados, agrupados em intervalos de classe (adaptado de Daubenmire, 1968 e de Oliveira, 1998), foram submetidos a análise multivariada com o auxílio do “software” MULVA versão 5L (Wildi & Orlóci, 1996). Primeiramente, realizou-se análise de “outliers”, eliminando-se do conjunto de dados as unidades amostrais com essas características. Os dados foram, então, utilizados para construir-se uma matriz de semelhança baseada no cálculo do coeficiente de correlação. Para o reconhecimento das unidades e subunidades de vegetação essa foi submetida a uma análise de agrupamentos a partir do método de ligação completa. Para a verificação da nitidez da estrutura dos grupos procedeu-se a análise de concentração. As espécies que apresentaram distribuição uniforme nas diferentes manchas foram utilizadas para definir as unidades de vegetação. As espécies diferenciais ou diagnóstico de grupo, de ocorrência restrita ou preferencial a um tipo de mancha de vegetação, serviram para a denominação das subunidades de vegetação.

Elaboração do mapa temático

Para a elaboração do mapa das unidades e subunidades de vegetação e de ocorrências minerais conhecidas, utilizou-se carta topográfica (BRASIL, 1975) e fotogramas preto e branco do Ministério do Exército Brasileiro (BRASIL, 1996a; 1996b). Realizou-se a fotointerpretação com auxílio de estereoscopia. Esses dados, associados aos resultados da análise fitossociológica, serviram de base para o zoneamento da vegetação. Utilizaram-se os “softwares” de geoprocessamento Carta Linx versão 1.2 (Clark Labs, 1999) e Arc View versão 3.2 (Applegate, 1999), digitalizando-se o mapa de estruturas mineralizadas do Manifesto de Mina nº 190/35 da Companhia Riograndense de Mineração (CRM) na escala 1:10.000. Sobrepostos-se este ao mapa das unidades e subunidades de vegetação, para verificar as relações entre as mineralizações e os grupos de espécies delineadas na análise fitossociológica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento fitossociológico ocorreram 106 espécies, distribuídas em 79 gêneros e 31 famílias. Os gêneros que apresentaram os maiores números de espécies formam *Baccharis* L., com cinco espécies, *Celtis* L. e *Paspalum* Linn., com quatro espécies

cada e *Axonopus* P. Beauv., *Eugenia* L., *Schinus* L. e *Xylosma* G. Forst., com três espécies cada. As famílias que apresentaram os maiores números de espécies foram Poaceae (21 espécies), Asteraceae (18 espécies) e Myrtaceae (10 espécies).

Os resultados da análise de agrupamentos indicaram a presença de cinco grupos de unidades amostrais e cinco grupos de espécies. A partir dos dendrogramas obtidos construiu-se um quadro estruturado dos grupos de unidades amostrais e grupos de espécies (Fig. 1), no qual podem ser observados os valores de densidade relativa de cada espécie, de acordo com o intervalo de classe utilizado. Na análise de concentração obteve-se um qui-quadrado (χ^2) de 1012,165 e um valor do coeficiente de contingência baseado no quadrado médio obtido (C) de 0,417, indicando uma boa estrutura de grupo (Wildi & Orlóci, 1996).

Foram reconhecidas as seguintes unidades e subunidades de vegetação: unidade de vegetação *Eugenia uniflora* – *Scutia buxifolia*, com subunidades *Eugenia uniflora* – *Cupania vernalis* e *Eugenia uniflora* – *Allophylus edulis*; unidade de vegetação *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus*; unidade de vegetação *Eryngium horridum* – *Saccharum angustifolium*, com subunidade *Eryngium horridum* – *Piptochaetium montevidense* e unidade de vegetação *Axonopus affinis* – *Paspalum pumilum*.

A unidade de vegetação *Eugenia uniflora* – *Scutia buxifolia* corresponde às formações florestais na mina Volta Grande. A subunidade de vegetação *Eugenia uniflora* – *Cupania vernalis* ocorreu nas planícies junto aos cursos d'água, onde é, muitas vezes, invadida pelo arroio. Os solos variam de pouco a muito profundos (Sippel, 2003). Em direção a uma maior declividade, essa é substituída pela subunidade *Eugenia uniflora* – *Allophylus edulis*, que ocorreu nas partes menos íngremes das encostas das coxilhas e também isoladamente nos topos. De acordo com Sippel (2003), os solos nesses locais são rasos. Um aspecto importante a considerar é o fato de que essas florestas sofreram grande interferência causada pela abertura de estradas, quando a mina estava em atividade. Atualmente, sofrem com o gado que penetra na floresta em busca de sombra, pisoteando o estrato inferior de herbáceas e arbóreas em regeneração. Nesse sentido, a subunidade *Eugenia uniflora* – *Allophylus edulis* parece ser a mais degradada, por ser de mais fácil acesso. A subunidade *Eugenia uniflora* – *Cupania vernalis*

O estrato inferior é floristicamente semelhante às manchas de vegetação herbácea (campos), sendo formado por gramíneas como *Axonopus affinis* Chase, *Saccharum angustifolium* Trin., *Schizachyrium microstachyum* (Desv.) Roseng., B. R. Arril. & Izag. e espécies de *Aristida* L., *Briza* L., *Paspalum*, *Piptochaetium* J. & C. Presl e *Stipa* Linn., asteráceas como *Senecio brasiliensis* Less., *Achyrocline satureioides* DC. e espécies de *Baccharis* L., fabáceas como *Trifolium polymorphum* Poir. e *Desmodium incanum* DC. e espécies de *Oxalis* Linn. (oxalidáceas), entre outras, com a presença marcante de *Eryngium horridum* Malme. Isso pode ser verificado também no município de Bagé, onde Girardi-Deiro *et al.* (1992) registraram espécies dos gêneros *Aristida* e *Briza*, além de *Saccharum angustifolium*, *Eryngium horridum* e *Paspalum notatum* Fluegge como as mais frequentes nos campos limpos e nos campos com dois estratos de vegetação.

No estrato superior notou-se, marcadamente, a presença de três espécies: *Schinus lentiscifolius* March., *Heterothalamus alienus* Kuntze e *Mimosa ramulosa* Benth.

A unidade de vegetação *Eryngium horridum* – *Saccharum angustifolium* ocorreu nas planícies úmidas das baixadas, que são frequentemente alagadas. Nesse local, segundo Sippel (2003), os solos são muito profundos. A subunidade *Eryngium horridum* – *Piptochaetium montevidense*, por outro lado, ocorreu em áreas de grande declividade, nas encostas das coxilhas, onde o solo é muito raso (Sippel, 2003) e bem drenado, podendo ser visualizados, inclusive, afloramentos de rocha. Em áreas de mineração de carvão a céu aberto, Zocche & Porto (1993) encontraram, em área de campo natural, as comunidades vegetais (unidades diferenciais) *Axonopus* – *Andropogon* e *Axonopus* – *Piptochaetium*. A primeira ocorreu em baixadas úmidas e a segunda em áreas de topos de coxilhas, onde o solo é bem drenado e arenoso. Nas áreas mineradas, a comunidade *Piptochaetium* – *Axonopus purpusii* estava associada às encostas e a comunidade *Piptochaetium* – *Cynodon* ocorreu nas baixadas.

A unidade *Axonopus affinis* – *Paspalum pumilum* ocorreu nos topos das coxilhas sobre solos pouco profundos (Sippel, 2003) e mal drenados e nas baixadas sobre solos frequentemente alagados. Pode ser verificada uma grande dissimilaridade tanto fitossociológica quanto estrutural dessa associação em relação às demais unidades de vegetação das

formações abertas na área. Um fator de grande importância a ser considerado é a presença do gado ovino, que utiliza essa área como pouso, permanecendo grande parte do tempo em atividade de pastejo, o que configura essa unidade de vegetação. É muito comum nessa região o manejo pelo corte de espécies lenhosas e a queima da vegetação, no intuito de ampliar a área para utilização com animais. De acordo com Boldrini (1997), o grande problema da criação de ovinos é o fato de este tipo de animal ser muito seletivo, além de pastear muito junto ao solo, o que pode eliminar os pontos de crescimento das espécies preferenciais, provocando sua redução ou eliminação. Essa prática interfere na expressão das comunidades naturais e, se for utilizada uma lotação animal superior à indicada para o local, aumentará progressivamente a área de solo descoberto, podendo tornar irreversível a sua recuperação (Boldrini, 1997). Girardi-Deiro (1999) verificou, no município de Bagé, a presença de comunidades de *Paspalum notatum* nas áreas onde as espécies lenhosas eram cortadas para o uso do gado. Nas áreas queimadas, as comunidades mudaram ao longo dos anos, após cada distúrbio. No primeiro ano predominaram comunidades de *Solidago chilensis* Meyen, sendo substituídas por associações de *Eragrostis lugens* Nees e, em seguida, de *Axonopus affinis*.

Além do gado ovino, restrito, em grande parte, a esse tipo de campo, existe a presença dos bovinos em toda a área da mina Volta Grande. As práticas de eliminação da vegetação arbustiva pelo corte e queima dos campos pôde ser observada no verão. As manchas de vegetação herbácea (campos) e herbácea-arbustiva (savanas) são as mais afetadas. Assim, os fatores ambientais (clima, altitude, solo, entre outros) e as alterações antrópicas na área devem ser considerados em relação à configuração da vegetação. Para Braun-Blanquet (1979), o homem tornou-se um fator tão importante quanto o clima e o solo na conformação das comunidades vegetais.

A organização espacial dessas unidades e subunidades de vegetação e a ocorrência de mineralizações podem ser visualizadas na Figura 2. Dos 22 filões conhecidos, 12 coincidem totalmente com a unidade de vegetação *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus*, 3 com a unidade de vegetação *Axonopus affinis* – *Paspalum pumilum* e 2 com a subunidade *Eryngium horridum* – *Piptochaetium montevidense*. Além disso, 2 filões coincidem parcialmente com as unidades de vegetação *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus* e *Axonopus*

affinis – *Paspalum pumilum* e 2 com a unidade de vegetação *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus* e a subunidade *Eryngium horridum* – *Piptochaetium montevidense*. Um dos filões, ainda, atravessa as unidades de vegetação *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus* e *Axonopus affinis* – *Paspalum pumilum* e a subunidade *Eugenia uniflora* – *Cupania vernalis*. A unidade de vegetação *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus* corresponde a 63,32% da área total da mina Volta Grande, cobrindo mais da metade das ocorrências minerais conhecidas, o que pode sugerir uma relação entre essa associação e a as mineralizações de cobre e ouro. Porto (1981, 1983, 1986, 1989) e Lima e Cunha (1980, 1982, 1988) afirmaram que essa relação existe, tendo sido comprovada em trabalhos realizados em minas localizadas em Lavras do Sul, RS, em grande parte no período em que havia atividade de mineração. Recentemente, Zocche (2002) concluiu que as concentrações de cobre no solo e nas folhas de *Schinus lentiscifolius* se mostraram independentes, evidenciando ausência de correlação

estatisticamente significativa na área analisada na mina Volta Grande.

Por outro lado, a unidade de vegetação *Axonopus affinis* – *Paspalum pumilum* e as subunidades *Eryngium horridum* – *Piptochaetium montevidense* e *Eugenia uniflora* – *Cupania vernalis* também estão localizadas em áreas de ocorrência conhecida de filões. Esse fato poderia ser explicado considerando-se que não apenas a presença dos metais pesados, mas também aspectos relacionados à geomorfologia (principalmente declividade), ao solo (drenagem, pH, nutrientes, processos de erosão e lixiviação, entre outros) e ao uso do mesmo estariam influenciando na configuração das unidades e subunidades de vegetação. Além disso, para que haja uma resposta da vegetação aos metais pesados, esses devem estar disponibilizados no horizonte do sistema radical das plantas, possibilitando a absorção (Malyuga, 1964; Brooks, 1983). Dessa maneira, são importantes avaliações mais específicas nos compartimentos planta, solo e rocha para verificar o comportamento do cobre nesses ecossistemas.

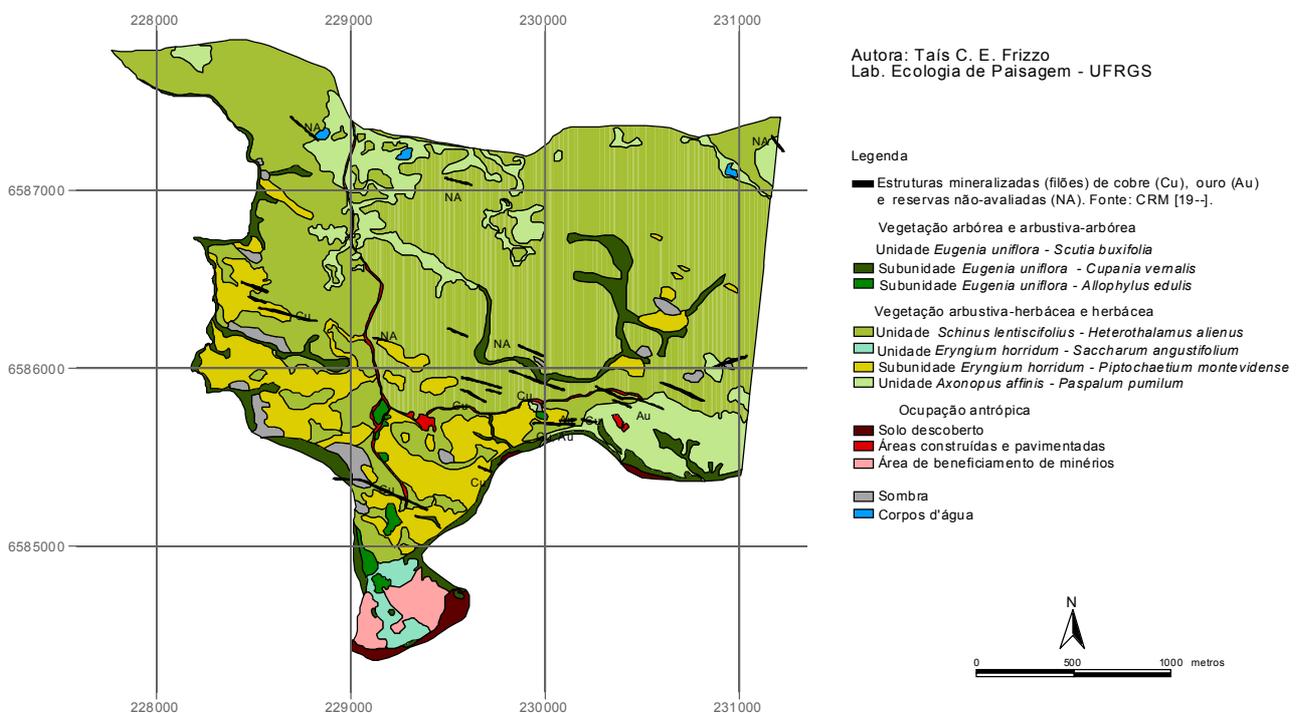


Fig. 2. Mapa das unidades e subunidades de vegetação e estruturas mineralizadas de cobre e de ouro na mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS.

CONCLUSÕES

Na área da mina Volta Grande foram reconhecidas e mapeadas as seguintes associações vegetais: unidade de vegetação *Eugenia uniflora* – *Scutia buxifolia*, com subunidades *Eugenia uniflora* – *Cupania vernalis* e *Eugenia uniflora* – *Allophylus edulis*; unidade de vegetação *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus*; unidade de vegetação *Eryngium horridum* – *Saccharum angustifolium*, com subunidade *Eryngium horridum* – *Piptochaetium montevidense* e unidade de vegetação *Axonopus affinis* – *Paspalum pumilum*. A organização espacial dessas na área parece estar relacionada, principalmente, à sua posição geomorfológica, à declividade e ao manejo para uso do gado. A unidade de vegetação *Schinus lentiscifolius* – *Heterothalamus alienus* pode estar ligada às ocorrências de mineralizações (filões) de ouro e cobre na mina Volta Grande, sendo necessária uma comparação com outras áreas mineralizadas e não-mineralizadas no Rio Grande do Sul para utilizar esse dado em prospecção mineral.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa e apoio financeiro, respectivamente, e à Companhia Riograndense de Mineração (CRM), por disponibilizar o mapa de localização das ocorrências minerais na mina Volta Grande.

REFERÊNCIAS

- APPLEGATE, A. D. 1999. **Arc View GIS software**, version 3.2.
- BABALONAS, D.; MAMOLOS, A. P.; KONSTANTINOU, M. 1997. Spatial variation in a grassland on soil rich in heavy metals. **Journal of Vegetation Science**, Grangaerde, n. 8, p. 601-604.
- BOLDRINI, I. I. 1997. Campos do Rio Grande do Sul: Caracterização fisionômica e problemática ocupacional. Em pauta – **Boletim do Instituto de Biociências da UFRGS**, Porto Alegre, n. 56, p. 1-38.
- BRASIL. Ministério do Exército. 1ª Divisão de Levantamento. 1975. **Folha SH-22-Y-A-IV-3 MI-2995/3 – Lavras do Sul**. Porto Alegre. Escala 1:50.000.
- _____. 1996a. **Foto aérea**. Porto Alegre. FX-073 n° 5124. Escala 1:60.000.
- _____. 1996b. **Foto aérea**. Porto Alegre. FX-073 n° 5125. Escala 1:60.000.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. **Fitosociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: H. Blume. 820 p.
- BROOKS, R. R. 1983. **Biological methods of prospecting for minerals**. New York: Wiley-Interscience. 322 p.
- BROOKS, R. R.; BAKER, A. J. M.; MALAISSE, F. 1992. Copper flowers. **National Geographic Research & Exploration**, Washington, v. 8, n. 3, p. 338-351.
- CANNON, H. L. 1960. Botanical prospecting for ore deposits. **Science**, Washington, v. 132, n. 3427, p. 591-598.
- CLARK LABS. 1999. **Carta Linx Software: the spatial data builder**, version 1.2. Worcester, Clark University.
- DAL PIVA, G. G. dos S. 2001. **Metais pesados (cádmio, cobre e chumbo) e sua relação com a biossíntese de metabólitos secundários em ecótipos de *Baccharis trimera* (Less.) A. P. de Candolle – Compositae**. 205 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- DAUBENMIRE, R. 1968. **Plant communities: a text book of plant sinecology**. New York: Harper & Row. 300 p.
- EDEN, T.; BOND, T. E. T. 1945. The effect of manure treatment on the growth of weed in the tea. **Empire Journal Experimental Agriculture**, Oxford, n. 13, p. 1414-1457.
- ERNST, W. 1974. **Schwermetallvegetation der Erde**. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag. 194 p.
- FRIZZO, T. C. E. 2002. **Zoneamento da vegetação e sua relação com metais pesados na mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS**. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- _____. 2001. Comunidades vegetais em solos metalíferos na mina Volta Grande – Lavras do Sul-RS. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 5., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Ed. da UFRGS. p. 204.
- FRIZZO, T. C. E.; PORTO, M. L. 2002. Vegetation zonation in the area with cupro-auriferous ores. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE, 45., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Gráfica UFRGS. p. 86.
- GIRARDI-DEIRO, A. M. 1999. **Influência de manejo, profundidade do solo, inclinação do terreno e metais pesados sobre a estrutura e dinâmica da vegetação herbácea da Serra do Sudeste, RS**. 196 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GIRARDI-DEIRO, A. M.; GONÇALVES, J. O. N.; GONZAGA, S. S. 1992. Campos naturais ocorrentes nos diferentes tipos de solo no Município de Bagé, RS: fisionomia e composição florística. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, n. 42, p. 55-79.
- GIRARDI-DEIRO, A. M.; MOTA, A. F.; GONÇALVES, J. O. N. 1994. Efeito do corte de plantas lenhosas sobre o estrato herbáceo da vegetação da Serra do Sudeste, RS, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 12, p. 1823-1832.
- HOWARD-WILLIAMS, C. 1971. Environmental factors controlling the growth of plants on heavy metal soils. **Kirkia**, Harare, v. 8, p. 91-102.
- KAUL, P. F. T. 1990. Geologia. In: **Geografia do Brasil**; Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE. v. 2, p. 29-54.
- LEVY, E. B.; MADDEN, E. A. 1933. The point method of pasture analysis. **New Zealand Journal Agriculture**, Auckland, v. 46, p. 267-269.
- IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre, v. 59, n. 1, p. 5-12, jan./jun. 2004

- LIMA E CUNHA, M. C. 1980. Prospecção biogeoquímica para cobre em Cerro dos Martins e Mina do Seival, Caçapava do Sul, RS. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, v. 4, n. 8, p. 95-108.
- _____. 1982. **A biogeoquímica na prospecção mineral – Aplicação do método em área mineralizada a cobre no Rio Grande do Sul**. 89 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- _____. 1983. O emprego da vegetação na prospecção mineral. *Acta Geologica Leopoldensia*, São Leopoldo, ano 7, n. 15, p. 133-152.
- _____. 1988. Estudos biogeoquímicos no Complexo Granítico Lavras, Lavras do Sul, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 441-450.
- MACEDO, W. 1984. **Levantamento de reconhecimento dos solos do município de Bagé, RS**. Brasília: Departamento de Difusão de Tecnologia. 69 p. (EMBRAPA-UEPAE de Bagé. Documentos, 1).
- MALYUGA, D. P. 1964. **Biogeochemical methods of prospecting**. New York: Consultants Bureau. 205 p.
- MANTOVANI, W.; MARTINS, F. R. 1990. O método dos pontos. *Acta botânica brasileira*, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 95-122.
- MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. 1982. **Metodologia para el estudio de la vegetation**. Washington: OEA. 168 p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. 1974. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley. 574 p.
- NARDI, L. S. V.; LIMA, E. F. 1985. A associação shoshonítica de Lavras do Sul, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 139-146.
- NELDNER, V. J. & HOWITT, C. J. 1991. Comparasion of an intuitive mapping classification of vegetation in south-east Queensland, Austrália. *Vegetatio*, New York, v. 94, p. 141-152.
- OLIVEIRA, M. L. A. A. de. 1998. **Análise do padrão de distribuição espacial de comunidades vegetais do Parque Estadual Delta do Jacuí: Mapeamento e subsídios ao zoneamento da unidade de conservação**. 233 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- PORCHER, C. A.; LOPES, R. da C. 2000. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil – Cachoeira do Sul – Folha SH.22-Y-A**. Brasília: CPRM.
- PORTO, M. L. 1981. **Beiträge zur Schwermetallvegetation von Rio Grande do Sul, Brasilien**. 76 p. Dissertation (Doktor der Naturwissenschaften) – Fakultät für Naturwissenschaften und Mathematik der Universität Ulm, Ulm.
- _____. 1983. **Aerolevantamento e seus reflexos sobre o desenvolvimento e segurança nacionais: As modernas técnicas de aerolevantamento e uso de satélites**. Rio de Janeiro: ESG. 102 p.
- _____. 1986. Vegetação metalófila e o desenvolvimento do setor mineral. In: SIMPÓSIO DE TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém. *Anais...* Belém: EMBRAPA-CPATU. p. 171-183.
- _____. 1989. Tolerância ao cobre em ecótipos de *Schinus lentiscifolius* March (Anacardiaceae) de áreas de mineração no Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta botânica brasileira*, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 23-31.
- REILLY, A.; REILLY, C. 1973. Copper-induced chlorosis in *Becium homblei* (De Wild.) Duvign. & Plancke. *Plant and Soil*, Pretoria, n. 38, p. 671-674.
- REILLY, C.; ROWEL, J.; STONE, J. 1970. The accumulation and binding of copper in leaf tissue of *Becium homblei* (De Wild.) Duvign. & Plancke. *New Phytologist*, Lancaster, n. 69, p. 993-997.
- SIPPEL, C. 2003. **Unidades da paisagem e suas relações com características dos solos na área da mineração Volta Grande, Lavras do Sul, RS – uma visão em diferentes escalas**. 191 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SIPPEL, C.; PORTO, M. L. 2002. Landscape patterns: finding the links between functional types and soils. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE, 45., Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Gráfica UFRGS. p. 96.
- WILD, H.; BRADSHAW, A. D. 1977. The evolutionary effects of metalliferous and other anomalous soils in South Central Africa. *Evolution*, Lawrence, n. 31, p. 282-293.
- WILDI, O.; ORLÓCI, L. 1996. **Numerical exploration of community patterns – A guide to the use of MULVA-5**. 2. ed. Amsterdam: SPB Academic Publishing. 171 p.
- ZOCICHE, J. J. 1989. **Comunidades vegetais de campo e sua relação com a concentração de metais pesados no solo em áreas de mineração a céu aberto, na mina do Recreio – Butiá – RS**. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Curso de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- _____. 2002. **Comunidades vegetais de savana sobre estruturas mineralizadas de cobre, na mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS**. 248 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- ZOCICHE, J. J.; PORTO, M. L. 1993. Florística e fitossociologia de campo natural sobre banco de carvão e áreas mineradas, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta botânica brasileira*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 47-84.
- _____. 2000. Estudos preliminares da resposta espectral em imagem digital da vegetação tolerante a metais pesados. In: FÓRUM DE DEBATES DE ECOLOGIA DE PAISAGEM E PLANEJAMENTO AMBIENTAL – RISCOS AMBIENTAIS NOS TRÓPICOS ÚMIDOS: MOVIMENTOS DE MASSA E INUNDAÇÕES, 1., Rio Claro. *Anais...* Rio Claro: SEB. CD-ROM.
- _____. 2001. Comunidades de vegetação metalófila sobre estruturas mineralizadas de cobre na mina Volta Grande – Lavras do Sul, RS, Brasil. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 5., Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Ed. da UFRGS. p. 203.
- _____. 2002. Plant communities on mineralized copper structures in Volta Grande Mine, Lavras do Sul, RS, Brazil. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR VEGETATION SCIENCE, 45., Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Gráfica UFRGS. p. 98.