

## **Anomalia geobotânica de reconhecimento e de alvo em área de ocorrência de rochas ultramáficas no Rio Grande do Sul**

Dejanira Luderitz Saldanha<sup>1</sup>  
Maria do Carmo Lima e Cunha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS/IG  
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Porto Alegre - RS, Brasil  
CEP: 91501-970 Caixa Postal: 15001  
Fone: +55 51 316-6337. FAX: +55 51 319-1811  
dejanira.saldanha@ufrgs.br; maria.cunha@ufrgs.br

**Abstract.** This work is concerned with geobotanical studies over ultramafic soils of the Cerro Mantiqueira, Lavras do Sul, RS, Brazil. The object of these studies was to differentiate lithologies of the Cerro Mantiqueira by quantitative and qualitative sampling of plant communities. The data show that vegetation patterns in terms of composition, density and frequency are distinctly different over serpentinite than other lithologies of the sequence, defining a geobotanic anomaly. In images Landsat-TM this anomaly is represented by differences of density of the vegetation growing over rock types in the Cerro Mantiqueira sequence.

**Palavras-chave:** geobotany, ultramafic rocks, Landsat TM images, geobotânica, rochas ultramáficas, imagens Landsat TM.

### **1.Introdução**

O conhecimento e o mapeamento de rochas ultramáficas no Escudo Sul-rio-grandense têm seus primeiros registros à época dos anos 60. A partir daí até os dias de hoje, diversos trabalhos têm sido realizados, não existindo, no entanto, estudos utilizando o sensoriamento remoto espacial, por meio de imagens multiespectrais, como ferramenta auxiliar na melhor delimitação das unidades já conhecidas, e na identificação, em nível regional, de novas ocorrências por meio da definição de um padrão espectral. Para a região sudoeste do RS, os trabalhos existentes referem-se ao uso de imagens com objetivo de realce, para mapeamento de estruturas controladoras de mineralização e mapeamento espectral de diversas litologias. Quanto a utilização da vegetação como técnica auxiliar no sensoriamento remoto para a identificação de unidades ultramáficas na região considerada, este é o primeiro registro relativo ao assunto.

Na geologia, o emprego da vegetação abrange dois campos de pesquisa: o da geobotânica e o da biogeoquímica. O primeiro envolve a análise visual da vegetação, enquanto o segundo requer a análise química dos elementos absorvidos e concentrados no vegetal, na busca de uma correspondência com a concentração dos mesmos no solo. Estas duas abordagens se baseiam no princípio de que o vínculo do substrato com a planta se dá através da rizosfera, onde o sistema radicular dos vegetais absorve os elementos químicos necessários à sua nutrição, seja das soluções percolantes, seja por trocas iônicas realizadas com as partículas minerais do meio. Como consequência, as plantas se tornam indicadores de valiosas informações sobre as características composicionais do substrato em que se desenvolvem.

No caso da geobotânica, por ser fundamentada na observação das diferenças fenotípicas da vegetação e de suas relações com o ambiente geológico, sua aplicação requer um entendimento multidisciplinar que abrange a botânica, ecologia, geologia, biogeoquímica e a fisiologia vegetal, porque fatores não relacionados à geologia também influenciam na distribuição e no desenvolvimento das comunidades vegetais.

A aplicação da geobotânica no estudo de imagens de satélite, permite uma visão sinóptica das comunidades vegetais em extensas áreas e possibilita interpretar espacialmente as inter-

relações entre os ecossistemas e os substratos que as contêm, daí sua importância na pesquisa geológica.

Soma-se a isto, a repetitividade do imageamento sobre uma mesma área que permite observar possíveis mudanças fenológicas das comunidades vegetais e amplia a capacidade de observação das propriedades da vegetação, fora da faixa do visível no espectro eletromagnético (faixa do infravermelho). A utilização das imagens se baseia no comportamento espectral padrão da vegetação (Tucker 1978), que pode ser dividido em três regiões: a) região dominada pela absorção dos pigmentos das plantas (0,4-0,69 $\mu$ m, visível); b) região dominada pela reflectância da biomassa relacionada com a estrutura celular (0,76-1,00 $\mu$ m, infravermelho próximo); e c) região dominada pela absorção da água foliar (1,35-2,50 $\mu$ m, infravermelho médio).

As anomalias geobotânicas podem ser detectadas ou pelo estudo da natureza e distribuição espacial das comunidades indicadoras ou pela identificação de mudanças morfológicas e fisiológicas nos vegetais. De acordo com Paradella & Bruce (1990), estas anomalias se manifestam em duas escalas. A primeira, denominada Geobotânica de Reconhecimento, que requer sensores de baixa a moderada resolução espectral/espacial, como os do sistema Landsat, detecta as anomalias expressas pelas mudanças fisionômicas (diferenças de densidade de cobertura) e taxonômicas (mudanças na flora e distribuição de espécies na cobertura) das comunidades vegetais, e a segunda, denominada Geobotânica de Alvo, que detecta as variações ligadas à morfologia /fisiologia dos indivíduos (nanismo, clorose) e à fenologia (floração, senescência), requer sensores de alta resolução espectral /espacial para a detecção direta de estresse geoquímico na vegetação.

A geobotânica de reconhecimento tem registrado bons resultados tanto em mapeamento geológico como em prospecção mineral. Vários estudos apresentaram resultados positivos ao relacionar a reflectância de comunidades vegetais com o estresse geoquímico e anomalias de solo, em especial em ambientes dominados por terrenos ultramáficos, onde as extremas mudanças morfológicas da vegetação provêm das características químicas dos seus solos (Brooks 1983;1987;1998). Além disso, nestes ambientes é comum a ocorrência de espécies vegetais endêmicas que se caracterizam por concentrar altos teores de Mg, Ni, Cr e Co e conter baixos teores de Ca, P e K.

## **2.Objetivos e Área de Estudo**

Neste estudo buscou-se definir as características geobotânicas da unidade ultramáfica Cerro Mantiqueira, SW do RS, com levantamentos qualitativos e quantitativos da vegetação, para fins de comparação com a vegetação sobreposta às litologias circundantes. Em nível de campo buscou-se a caracterização de uma flora serpentina, de ocorrência comum em terrenos desta natureza, e em nível orbital, sua assinatura espectral em imagens TM- Landsat 5.

A área de estudo localiza-se a sudoeste da cidade de Lavras do Sul, RS ( **Figura 1**) e é representada por um corpo alongado, com cerca de 10 km de comprimento e largura aproximada de 500m. A seqüência Cerro Mantiqueira corresponde a um corpo ultramáfico, circundado por uma fácies anfibolítica (Hartmann *et al.*1992), composto por serpentinitos e harzburgitos com xistos magnesianos em suas margens. Seus solos em geral são imaturos, originários do manto de alteração representado por saprolito (Menegotto 1982).

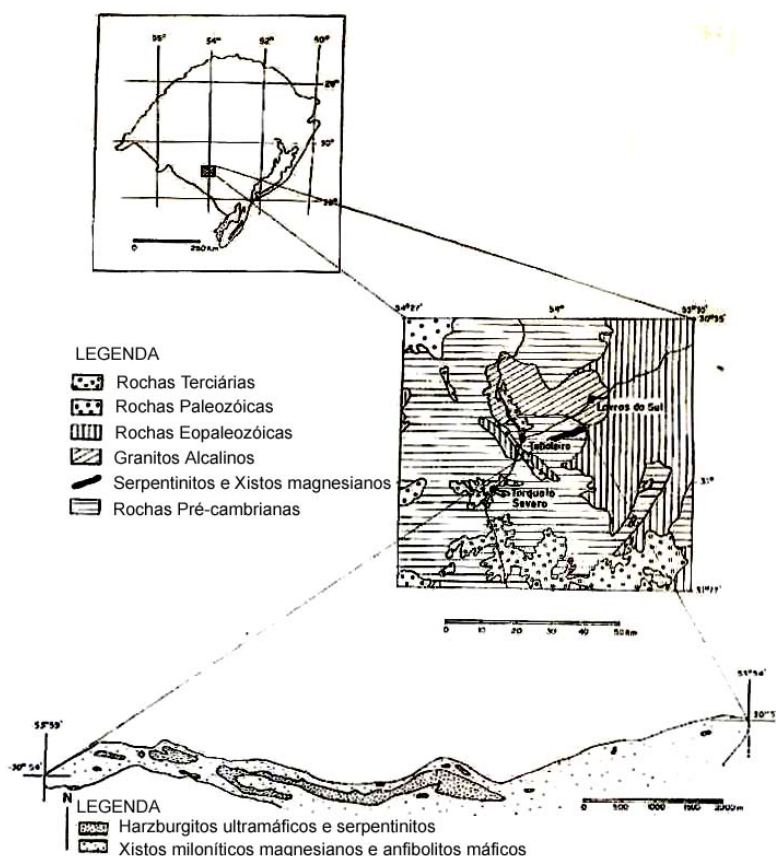


Figura 1 - Mapa de localização e esboço geológico da Sequência Cerro Mantiqueira.

### 3. Métodos

Os métodos empregados abrangeram levantamentos quantitativos e qualitativos da vegetação ocorrente sobre os solos de rochas ultramáficas e sobre solos de litologias adjacentes a estas. Foram amostradas espécies vegetais endêmicas e coletadas amostras de solo representativas dos tipos de rochas subjacentes. Análises biogeoquímicas e geoquímicas de solo foram realizadas para quantificar o quimismo da vegetação frente à disponibilidade dos elementos presentes no solo. Foram geradas imagens geoquímicas e feita a análise da correlação entre essas imagens e as imagens espectrais TM originais e as processadas por meio de realces como divisão de bandas e componentes principais.

### 4. Resultados Obtidos

Na área Cerro Mantiqueira, os solos têm composição e mineralogia que se correlacionam com as rochas, e a vegetação sobre os solos derivados de rochas ultramáficas serpentinizadas difere da vegetação circundante, tanto qualitativa como quantitativamente. A vegetação nativa é predominantemente herbácea. Quando sobre os solos que circundam as litologias ultramáficas é formada por dois estratos. No primeiro, com densidade de 100%, predominam gramíneas rasteiras e no segundo ocorrem gramíneas em tufo, umbelíferas e compostas do gênero *Baccharis*, com alturas entre 15 e 50 cm. Sobre os xistos magnesianos a cobertura vegetal é de 70% e sobre os serpentinitos varia entre 10 a 20%, representada principalmente pela associação endêmica composta por *Scoparia montevidensis* (Scrophulariaceae), **Figura 2**, *Verbena thymoides* (Verbenácea) e *Adiantopsis cf. chlorophylla* (Pteridofita), **Figura 3**, (Lima e Cunha *et al.* 1997)

Análises geoquímicas mostraram que os solos são enriquecidos nos elementos que caracterizam ambientes ultramáficos (Ni, Cr, Co ) e a biogeoquímica confirma este enriquecimento através da concentração destes elementos nos tecidos vegetais das plantas endêmicas.(Figura 4)

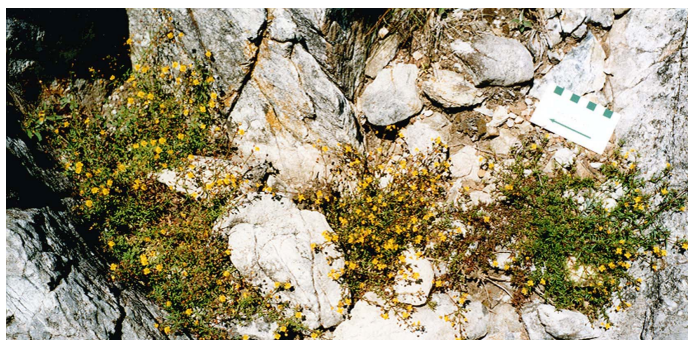


Figura 2 - Cerro Mantiqueira. *Scoparia montevidensis* sobre afloramento de serpentinito.



Figura 3 - Cerro Mantiqueira. *Adiantopsis cf. chlorophylla* entre fenda de matações em lasca de serpentinito.

A geobotânica em nível orbital neste trabalho está relacionada aos índices de vegetação que refletem as variações na sua densidade, e visa a correlação destes índices com as mudanças do substrato. A análise temporal envolvendo o NDVI discrimina as variações de densidade da vegetação. Este tratamento foi feito a partir do somatório de quatro imagens NDVI de datas diferentes (15/01/86; 27/06/87; 06/02/88; 04/01/91), demonstrando a constância da baixa densidade da cobertura vegetal sobre as litologias ultramáficas (**Figura 5**).

A associação de dados de regressão linear das bandas TM (**Tabela 1**), seus índices e imagens transformadas por componentes principais de uma cena ( 04/01/91), e imagens geoquímicas da área Cerro Mantiqueira, indicam a correlação negativa das bandas TM4, TM4/TM3, TM5/TM7 e CP2 das seis bandas (realce da vegetação) com os elementos enriquecidos nas rochas ultramáficas e correlação positiva com a imagem CP2 do par TM5 e TM7, que realça os solos expostos. Estas relações comprovam que a baixa densidade vegetacional sobre as ocorrências ultramáficas constitui-se em uma anomalia geobotânica de reconhecimento, perceptível em nível orbital.

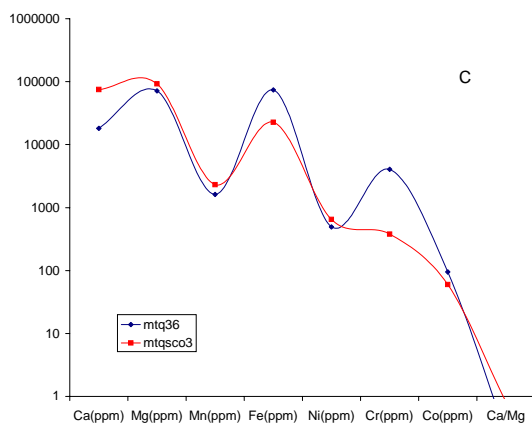
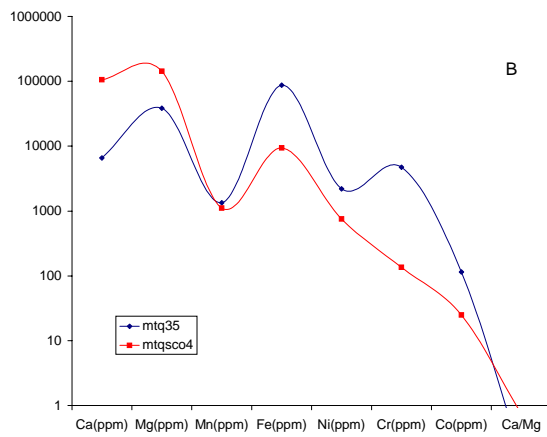
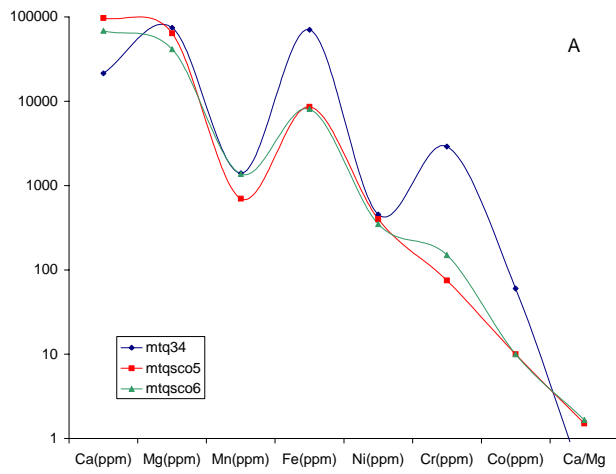


Figura 4 – Relação entre os elementos químicos em amostras de solo (mtq 34, mtq35, mtq36) e de planta (*S.montevideensis*) (mtqsc05, mtqsc06, mtqsc04, mtqsc03), coletadas em mesmo ponto na área Cerro Mantiqueira.



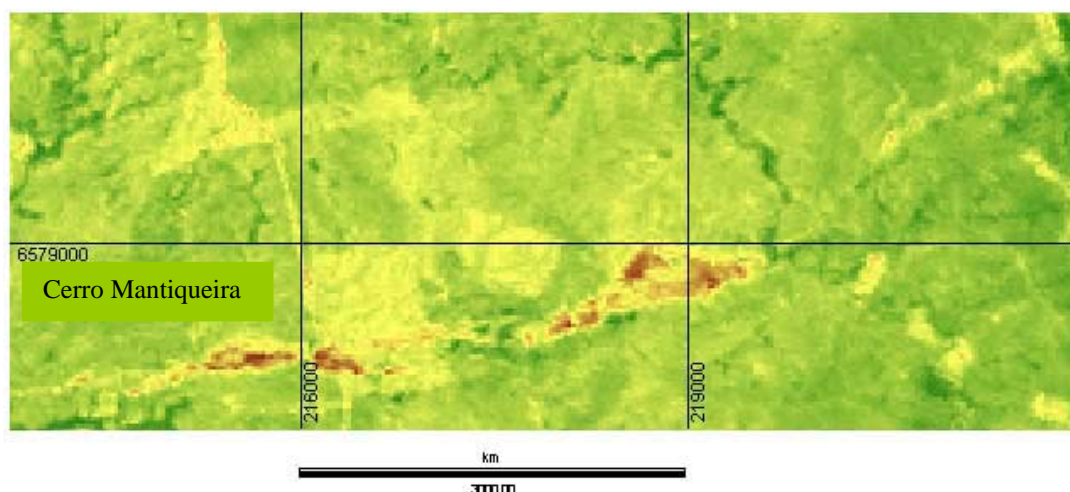


Figura 5 - Imagem NDVI formada pelas imagens NDVI de quatro cenas de datas diferentes (15/01/86; 27/06/87; 06/02/88; 04/01/91) da área Cerro Mantiqueira.

|              | Ca    | Ca/Mg | Co    | Cr    | Fe    | Mg    | Ni    | Fe/Ca | Fe/Mg | Mn    |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TM 1         | 0,01  | -0,21 | 0,23  | 0,23  | 0,16  | 0,19  | 0,24  | 0,13  | -0,19 | 0,01  |
| TM 2         | -0,01 | -0,20 | 0,19  | 0,20  | 0,11  | 0,16  | 0,20  | 0,11  | -0,17 | -0,03 |
| TM 3         | 0,02  | -0,25 | 0,29  | 0,29  | 0,20  | 0,24  | 0,30  | 0,17  | -0,22 | 0,04  |
| TM 4         | -0,16 | 0,19  | -0,39 | -0,39 | -0,36 | -0,35 | -0,38 | -0,19 | 0,19  | -0,19 |
| TM 5         | -0,03 | -0,11 | 0,03  | 0,03  | -0,04 | 0,03  | 0,03  | 0,05  | -0,10 | -0,07 |
| TM 7         | 0,01  | -0,23 | 0,22  | 0,22  | 0,12  | 0,18  | 0,22  | 0,15  | -0,19 | 0,01  |
| TM 3/TM2     | 0,05  | -0,18 | 0,26  | 0,26  | 0,21  | 0,24  | 0,27  | 0,16  | -0,16 | 0,11  |
| TM 5/TM7     | -0,06 | 0,27  | -0,37 | -0,37 | -0,29 | -0,30 | -0,37 | -0,22 | 0,22  | -0,10 |
| TM4/TM3      | -0,06 | 0,28  | -0,39 | -0,39 | -0,30 | -0,32 | -0,40 | -0,22 | 0,25  | -0,09 |
| CP2(6bandas) | -0,14 | 0,24  | -0,41 | -0,41 | -0,35 | -0,36 | -0,40 | -0,21 | 0,23  | -0,17 |
| CP3(6bandas) | 0,01  | -0,22 | 0,29  | 0,29  | 0,23  | 0,23  | 0,30  | 0,15  | -0,18 | 0,05  |
| CP2(TM1-TM5) | 0,03  | -0,20 | 0,29  | 0,29  | 0,24  | 0,23  | 0,30  | 0,13  | -0,17 | 0,07  |
| CP2(TM4-TM2) | 0,03  | -0,24 | 0,29  | 0,29  | 0,20  | 0,24  | 0,29  | 0,15  | -0,21 | 0,02  |
| CP2(TM5-TM7) | 0,07  | -0,26 | 0,38  | 0,38  | 0,31  | 0,30  | 0,37  | 0,21  | -0,21 | 0,13  |

Tabela 1 - Dados de regressão linear das bandas TM, seus índices e imagens transformadas CP's e imagens geoquímicas da área Cerro Mantiqueira.

## 5. Conclusões

Em termos qualitativos a vegetação estudada não determina a característica espectral dos alvos imageados por satélite, dada a baixa densidade das espécies endêmicas e a pequena extensão dos afloramentos contínuos. No entanto, com relação à densidade total da vegetação pode-se afirmar que este parâmetro é um dos principais contribuintes na caracterização das litologias ultramáficas, em imagens de satélite Landsat, sensor TM, proporcionando o estabelecimento de uma anomalia geobotânica de reconhecimento (orbital) na área estudada. Além disso, a identificação da cobertura vegetal dos serpentinitos de Cerro Mantiqueira, caracterizada pela associação endêmica *Scoparia montevidensis* (Scrophulariaceae), *Verbena thymoides* (Verbenácea) e *Adiantopsis cf. chlorophylla* (Pteridofita), levou à definição de uma anomalia geobotânica de alvo (terreno). Neste sentido, a geobotânica da área estudada,

associada a dados biogeoquímicos, confirma o postulado de que seqüências ultramáficas, mesmo que distribuídas em diferentes continentes, originam solos cuja composição química propicia o desenvolvimento de uma vegetação endêmica, especialmente quando sobre serpentinitos, e que este enriquecimento se correlaciona positivamente com os teores contidos nas plantas. Além disso, a superposição destes dois planos de informação origina um padrão cuja assinatura espectral é característica de terrenos ultramáficos em imagens de satélite Landsat -TM.

## 6. Referências

- BROOKS, R.R. **Biological Methods of Prospecting for Mineral**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 322p.
- BROOKS, R.R. **Serpentine and its Vegetation**. Portland(OR).Dioscorides Press, 1987.454p.
- BROOKS, R.R. Phytochemistry of Hyperaccumulator. In: BROOKS, R.R. (ed.) **Plants that Hyperaccumulate Heavy Metals – Their Role in Phytoremediation, Microbiology, Archaeology, Mineral Exploration and Phytomining**. New York, Cab. International, 1998. 380p.
- HARTMANN, L.A.; WILDNER,W.; REMUS, M.V.D.; SUITA, M.T.F. Complexos Máficos-Ultramáficos do Escudo Sul-rio-grandense. Revisão com Ênfase na Geoquímica dos Elementos da Série 3d de Transição. UFRGS. **Pesquisas**, v. 19(2), p.168-173, 1992.
- LIMA E CUNHA,M.C.; SALDANHA,D.L.; BROOKS,R.R.; DUNN,C.E. A Preliminary Survey of the Vegetation and Biogeochemistry of the Cerro Mantiqueira, Lavras do Sul, Rio Grande do Sul, Brazil. **Ofioliti**, v.22(2), p.201-206,1997.
- MENEGOTTO, E. **Alteração Intempérica de Rochas Ultrabásicas em Clima Subtropical**. 1982. 356p. Tese de Doutorado em Geociências. Instituto de Geociências. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1982.
- PARADELLA,W.R.; BRUCE,W.D. Geobotânica por Sensores Remotos: uma Revisão. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 19(4), p.425-435, 1990.
- SALDANHA,D.L. **Características Espectrais de Unidades Ultramáficas do Sudoeste do Rio Grande do Sul – Integração de Dados Orbitais, Geobotânicos e Geoquímicos**.2003. 279p.Tese de Doutorado em Geociências.Instituto de Geociências. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- TUCKER,C.J. An Evaluation of the first four Landsat – D Thematic Mapper Reflective Sensors for Monitoring Vegetation. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.44, p. 1369-1380, 1978