

# PREFÁCIO

O relevo da superfície terrestre, objeto de estudo da Geomorfologia, é um fator importante na vida do homem. Ele influencia desde a construção da sua moradia, o manejo de suas culturas agrícolas, a escolha do local para turismo, até a implantação de grandes obras de engenharia e o planejamento estratégico em situações de guerra. Por ser o relevo bem destacado em imagens de satélite, a Geomorfologia é uma das ciências que mais se beneficia da tecnologia de sensoriamento remoto. Essa tecnologia possibilita ampliar nossa visão espectral (para além da luz visível), espacial e temporal dos ambientes terrestres.

Com base nisso, na minha formação, e inspirada nas obras *Remote Sensing in Geomorphology*, de Verstappen, publicada pela Elsevier em 1977, e *Geomorphology from space*, editada por Short e Blair e publicada pela Nasa em 1986, planejei, no final da década de 1990, um livro de sensoriamento remoto aplicado à Geomorfologia. Embora a idéia inicial fosse elaborar uma espécie de versão brasileira de uma dessas obras, elas acabaram servindo mais como inspiração, pois o livro tomou identidade própria. Logo percebi, no entanto, que escrever um livro não era uma tarefa simples. Às voltas com muitas atividades, o tempo foi passando e eu não conseguia concretizar meu objetivo. Na verdade, dei-me conta de que não tinha conhecimento suficiente (ou específico), tempo e fôlego para prosseguir sozinha nessa tarefa. Assim, convidei os demais autores do livro para que, juntos, pudéssemos concretizá-lo. Não demorei, porém, a constatar que a inexperiência para organizar um livro e a falta de tempo, minha e dos colegas, impediam que a obra avançasse.

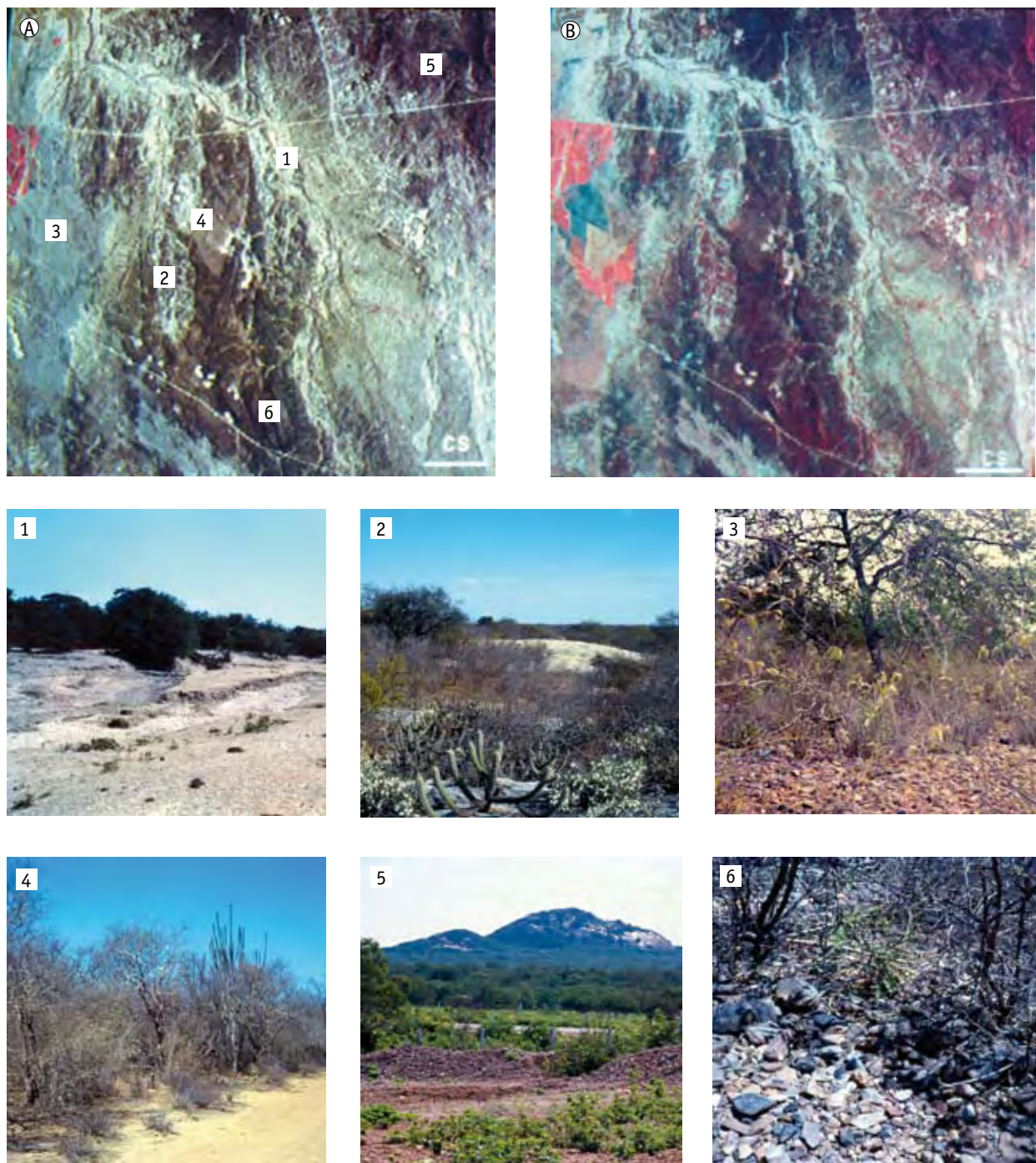
Pensava seriamente em desistir quando, ao tomar conhecimento dos resultados do Enade (Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes) de 2005, convenci a mim e aos meus colegas que deveríamos continuar. O desempenho dos alunos dos cursos de Geografia foi, de modo geral, muito fraco, notadamente nas questões relacionadas com a Geomorfologia. Chamaram-nos também a atenção depoimentos de alunos como: “Esta matéria é muito difícil”, “O professor responsável pelo curso de Geomorfologia não era capacitado para ministrar esta matéria” e “Na minha faculdade, a disciplina Geomorfologia não é oferecida”. Esses resultados, ao mesmo tempo que desanimadores, constituíram a motivação que nos faltava para superar os obstáculos e atingir nosso objetivo. Era preciso contribuir na formação de alunos e professores em Geomorfologia. Para isso, encontramos no livro uma boa oportunidade.

Nesse contexto, tivemos a preocupação de elaborar uma obra didática que priorizasse os conceitos geomorfológicos e mostrasse exemplos do relevo brasileiro. Por outro lado, procuramos incentivar a exploração de dados de sensoriamento remoto e de novas tecno-

logias para analisá-los, mostrando o seu potencial para estudos geomorfológicos. O livro, formado de dez capítulos, não teve a pretensão de aprofundar nem esgotar um assunto tão amplo, razão pela qual estamos abertos a correções e sugestões para uma futura edição.

Aproveito este espaço para agradecer aos autores e colaboradores, alunos da pós-graduação em Sensoriamento Remoto do Inpe, e a Maria Aparecida Santana pela revisão. Agradeço ainda o importante apoio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

*Teresa G. Florenzano*



**Fig. 2.29** Imagens MSS Landsat composição colorida 754 (RGB) da região semi-árida de Juazeiro-BA, obtidas em 9 de novembro de 1982 (A), final da época seca, e em 4 de maio de 1983, no final da época de chuva, mas não muito representativa desta época. Os diferentes padrões de imagem representam diferentes unidades de paisagem exemplificadas também nas fotos de campo. Observar como a unidade de paisagem (4) está bem destacada na imagem da época seca e quase indiscriminada na outra imagem, o que reforça a utilidade de imagens de diferentes épocas na obtenção de informações

imagens multiespectrais, multidas e multissensores, pois elas se complementam e, assim, oferecem ao analista um grande número de informações. Como as imagens tridimensionais favorecem a interpretação do relevo, imagens como as do SRTM, ou MDEs obtidos de outras fontes, podem ser integradas com imagens multiespectrais bidimensionais. Imagens multidas, por exemplo, podem ser analisadas em estudos multitemporais, de detecção de mudanças nas feições de relevo. Estas podem ser úteis também à medida que determinadas feições da paisagem são visíveis em imagens adquiridas com determinados ângulos de elevação solar e azimute, e em condições ambientais específicas, como vimos na seção 2.3. Assim, sempre que possível, é recomendável o uso de imagens de épocas contrastantes (seca/chuvosa, verão/inverno), que permitem ampliar a obtenção de informações.

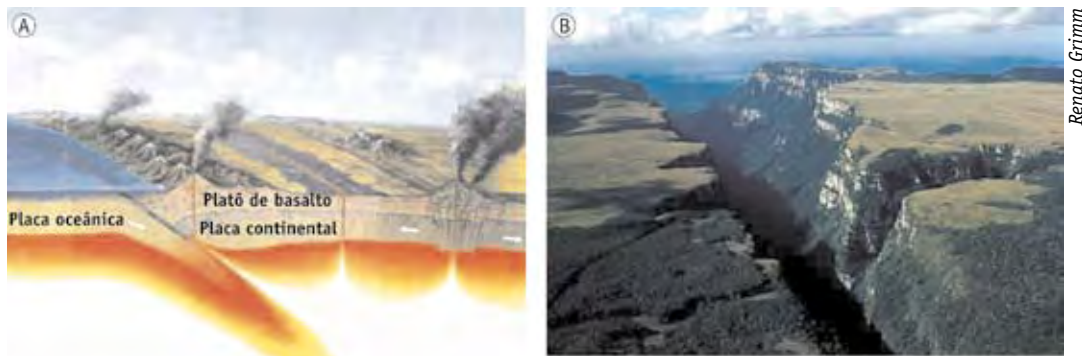
Após a definição do objetivo e da área de estudo, o próximo passo é localizar a área e identificar qual é a órbita/ponto (sistema de referência) ou as coordenadas da imagem que cobrem a área de interesse. Vários tipos de dados de sensoriamento remoto podem ser obtidos gratuitamente pela Internet: imagens do satélite Cbers ([www.cbers.inpe.br](http://www.cbers.inpe.br)); Landsat ([www.dgi.inpe.br](http://www.dgi.inpe.br) e <http://glcf.umd.edu/data>); Modis dos satélites Terra e Aqua (<http://edcwww.crusgs.gov/pub/imswelcome/>), além das imagens do SRTM (<http://glcf.umd.edu/data>). Considerando o potencial das imagens Aster para estudos

geomorfológicos e o custo relativamente reduzido desses dados, recomenda-se a sua exploração.

## Considerações Finais

Neste capítulo, procuramos mostrar, de um modo geral, o potencial dos dados e das técnicas de sensoriamento remoto para a Geomorfologia. Na maioria dos exemplos mostrados utilizamos imagens Cbers e Landsat, devido à sua maior disponibilidade e acesso. Outros exemplos de exploração de dados de sensoriamento remoto são apresentados no Cap. 3 e do 5 ao 10. Muitas aplicações de sensoriamento remoto, não apenas em Geomorfologia, mas em várias áreas temáticas, podem ser encontradas nas teses, dissertações, nos artigos e relatórios técnicos disponíveis na biblioteca digital do Inpe (<http://www.inpe.br/biblioteca/>). Os inúmeros artigos publicados nos anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), em suas seis últimas edições, desde 1996, também estão disponíveis nessa biblioteca.





**Fig. 5.12** (A) Esquema tectônico de um platô basáltico; (B) Sucessão de derrames ácidos e básicos no cânion Fortaleza, SC-RS

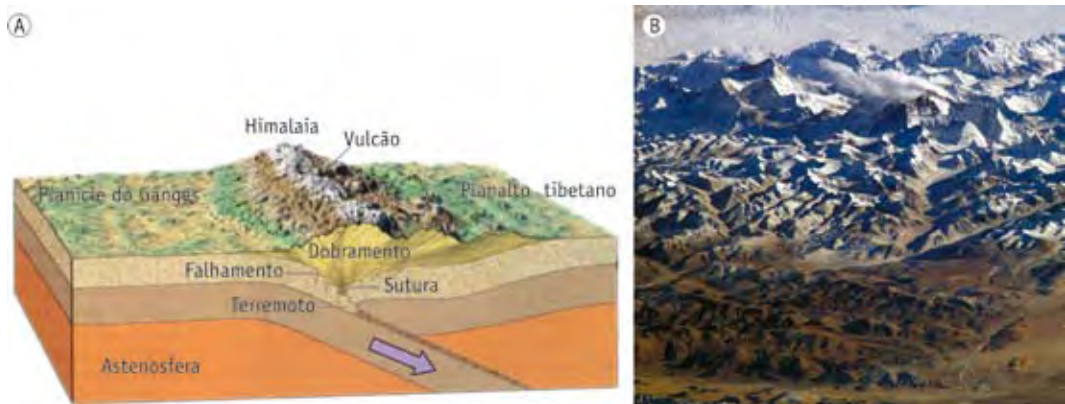
Fonte: (A) <http://www.cprm.gov.br/Aparados/index.htm>.

cerca de 1.200.000 km<sup>2</sup> no sul do Brasil e em partes da Argentina, do Uruguai e do Paraguai. O vulcanismo fissural é semelhante, inclusive em composição, ao que ocorre, hoje, nas cadeias meso-oceânicas.

Os movimentos diastróficos responsáveis pela construção dos grandes cinturões orogenéticos (Fig. 5.13) estão associados, em maior escala, a estruturas geológicas de caráter compressivo, como dobras – **sinclinais, anticlinais**

(Fig. 5.14A), **nappes** (Fig. 5.14B) etc. – e **falhamentos com movimentação inversa** de baixo ou alto ângulo (Fig. 5.14C) e **direcional** (Fig. 5.14D) ou de **rejeito horizontal** (transcorrente). Nessas unidades são comuns, também, as estruturas vulcânicas.

Como destacado anteriormente, o vulcanismo é um fenômeno que ocorre não apenas nas cadeias de montanhas (limite de placas convergentes), mas também no interior da placas continentais, nas



**Fig. 5.13** (A) Principais elementos de um cinturão orogenético; (B) Cordilheira do Himalaia

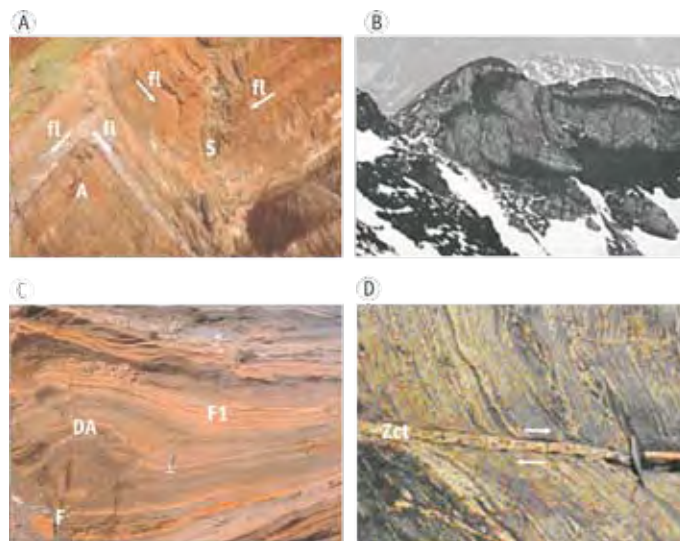
Fontes: (A) adaptado de Tarbuck e Lutgens (1996); (B) <http://pt.wikipedia.org/wiki/Cordilheira>.

cadeias meso-oceânicas (vulcanismo fissural) e no interior das placas oceânicas, com a formação de ilhas vulcânicas a partir de pontos quentes. São, no entanto, nas grandes cordilheiras que essas estruturas, muitas ainda em atividade, sobressaem na topografia com seu cone característico (Fig. 5.15A), constituindo imponentes formas de relevo (Fig. 5.15B,C). O Brasil, por sua situação no interior de uma placa continental estável, não apresenta condições para a ocorrência de vulcões ativos.

## 5.5 Ambientes Tectônicos Brasileiros

Neste tópico são apresentados alguns exemplos de ambientes brasileiros que passaram por um conjunto de eventos tectônicos durante a sua evolução, os quais foram determinantes na definição dos padrões de formas de relevo que caracterizam suas paisagens atuais. Ao apresentar esses exemplos em ordem cronológica, o objetivo é mostrar alguns

dos principais ciclos/eventos tectônicos que caracterizaram a história geológica do Brasil. Os ambientes aqui selecionados são representados em imagens de satélite, pois é objetivo também destacar o potencial dessas imagens no seu estudo.

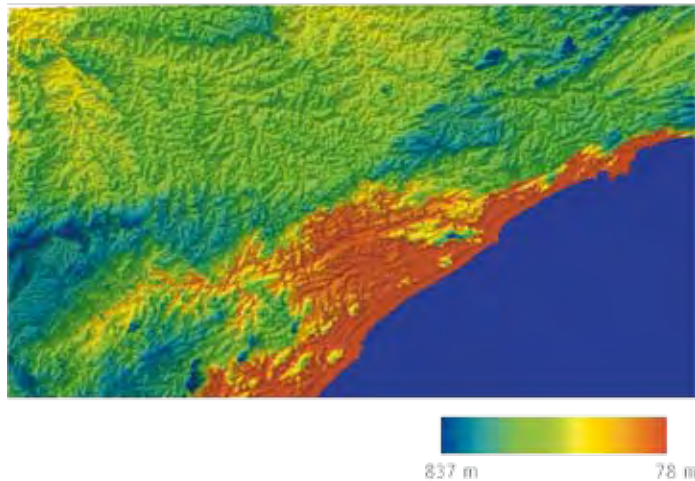
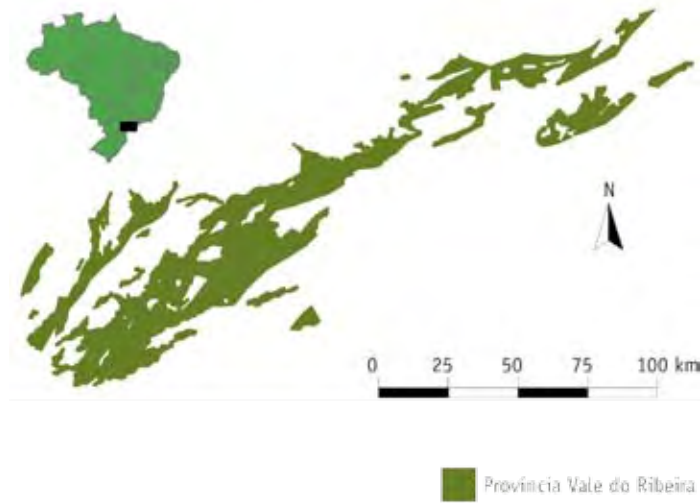


**Fig. 5.14** (A) Dobras em anticlinal (A) e sinclinal (S) limitadas pelos flancos (fl); (B) Nappe (dobra de carregamento) nos Alpes austríacos; (C) Falha de movimentação inversa (F1) associada à dobra anticlinal (DA); (D) Zona de cisalhamento transcorrente (ZCT) com rejeito direcional sinistral (gnaisses do Complexo Jarú, RO)  
Fontes: (A, B, C) [http://domingos.home.sapo.pt/form\\_mont\\_1.html](http://domingos.home.sapo.pt/form_mont_1.html); (D) Veneziani et al. (2007).



Rosana Okida

**Fig. 5.15** (A) Estrutura de um vulcão; (B) Vulcão El Misti, Peru; (C) Vulcão Lascar, Chile  
Fonte: [http://www.cprm.gov.br/Aparados/vulc\\_pag03.htm](http://www.cprm.gov.br/Aparados/vulc_pag03.htm).



**Fig. 7.34** Província do vale do Ribeira: (a) mapa da província do vale do Ribeira; (b) Modelo Digital de Elevação gerado de dados do SRTM; (c) mosaico de imagens ETM+ do satélite Landsat-7 RGB-345

As rochas carbonáticas situam-se nas porções mais baixas do relevo, e as rochas pelíticas, psamíticas e graníticas, nas partes mais altas, com desníveis de até 700 m (Fig. 7.34), onde ocorrem as nascentes. Essas características geológicas-geomorfológicas condicionam um sistema de recarga mista no carste, tanto alogênica como autogênica. Na faixa, ao longo do contato dos metacalcários, ocorrem vales assimétricos, vales cegos, poljes de contato e sumidouros (Karmann; Ferrari, 2002).

Os estudos da província do vale do Ribeira concentram-se no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (Petar), unidade de conservação (35.102,8 ha) localizada na margem esquerda do rio homônimo, sul do Estado de São Paulo (Karmann; Ferrari, 2002; Sánchez, 1984). Esse sítio está inserido na faixa de transição entre o Planalto Atlântico e a Baixada Costeira, segundo a classificação geomorfológica de Almeida (1964), com um conjunto de cerca de 200 cavernas.

Karmann (1994) e Ferrari, Hiruma e Karmann (1998), a partir da análise morfométrica da superfície, observam um padrão cárstico poligonal com amplitudes altimétricas de até 300 m e densidade de depressão (expressa pelo número de depressões por área de carste poligonal) entre 7,7 e 13 por km<sup>2</sup>, compatível aos descritos para Jamaica, Porto Rico e Nova Guiné (Day, 1976; Williams, 1971). Os autores também identificaram, em fotografias aéreas, os segmentos de



paleovales que antecederam a formação das bacias de drenagem centrípeta.

## Considerações Finais

O ambiente cárstico, que abrange uma significativa parcela do território nacional, é altamente vulnerável à degradação, apresentando facilidade para a ocorrência de contaminação dos recursos hídricos, abatimentos de terra e erosão, entre outras. Apesar de sua fragilidade natural, esse ambiente é intensamente visado pela exploração agrícola, mineral e turística, que provocam e intensificam os danos ambientais.

Com o aumento da atividade agrícola, as rochas carbonáticas são cada vez mais exploradas com o propósito de gerar insumos minerais para a agricultura, fertilizantes e corretivos. As jazidas de rochas carbonáticas são também exploradas para suprir a indústria de cimento, metalurgia, siderurgia e ração animal, entre outras. Em razão

da beleza cênica do ambiente cárstico, outra atividade em expansão nessas áreas é o ecoturismo. No entanto, na maioria das vezes, o aporte de turistas é realizado sem os devidos cuidados com esses ambientes, ocasionando intensos impactos, decorrentes de fatores como trilhamento constante, ações de motos e jipes, depredações, poluição e perturbação da vida silvestre, entre outros.

Nesse contexto, o sensoriamento remoto e o SIG constituem instrumentos indispensáveis, tanto para identificar as zonas físicas e bióticas heterogêneas do ambiente cárstico como para estabelecer graus ambientais de preservação e/ou degradação. Esses instrumentos permitem remontar a evolução histórica e prever cenários futuros, subsidiando a reflexão e a formulação de políticas públicas. A partir disso, é possível estipular planos a longo prazo com o objetivo de redirecionar o uso da terra, não se limitando apenas aos planos emergenciais geralmente praticados.

## Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. N. Geomorfologia e espeleologia. *Espeleo-Tema*, v. 12, p. 24-31, 1979.
- ALMEIDA, F. F. M. de. *Fundamentos geológicos do relevo paulista*. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1964. (Série Teses e Monografias).
- ANDERSON, C. A. Opal stalactites and stalagmites from a lava tube in northern California. *Am. J. Sci.*, v. 20, p. 22-26, 1930.
- ATKINSON, T. C. Diffuse flow and conduit flow in limestone terrain in the Mendip Hills, Somerset (Great Britain). *Journal of Hydrology*, v. 35, p. 93-110, 1977.