

## EVOLUÇÃO QUATERNÁRIA DE UMA MONTANHA TROPICAL: O PLANALTO DE CAMPOS DO JORDÃO SÃO PAULO

May Christine MODENESI\*

### RESUMO

No planalto de Campos do Jordão, a análise do modelado e da estrutura superficial da paisagem evidencia a ocorrência de variações climáticas recentes e a desaceleração das atividades denudacionais no decorrer do Quaternário. Importantes e profundos movimentos de massa pleistocênicos, responsáveis pela formação de anfiteatros de erosão, foram substituídos, no Holoceno, por processos de menor agressividade erosiva, documentados por seqüências coluviais com paleossolos intercalados. Pequenas mudanças na cobertura vegetal — detectadas pelo estudo palinológico de sedimentos turfosos — sugerem, ainda, variação das condições climáticas intra-holocênicas.

### ABSTRACT

Hillslope features and deposits illustrate the importance of mass movements in slope evolution at the top of the Campos do Jordão Plateau. During the Pleistocene, slope erosional phenomena are evidenced by a series of deep hollows and their correlative deposits. Holocene record allows the identification of a succession of colluvium beds and intermediate paleosols. Quaternary climatic variations have been detected. Palynological evidence document small changes in the vegetation probably related to Holocenic climatic variations.

### 1. INTRODUÇÃO

Planalto em bloco, alçado a mais de 2000m de altitude, o planalto de Campos do Jordão constitui a superfície cimeira do Brasil de Sudeste. Em seus topos nivelados e subnivelados DE MARTONNE (1940) reconheceu indícios de um aplainamento terciário, a “superfície dos campos”, considerada por FREITAS (1951) e ALMEIDA (1951, 1964), como resultado de deformação oligocênica, acentuada no Plioceno (ALMEIDA, 1976), da “superfície do Japi” (ALMEIDA, 1964). Migmatitos (estromatitos homogêneos e heterogêneos) e ectinitos do Grupo Açungui (xistos, quartzitos e metaconglomerados) e rochas granitóides associadas (Pré-Cambriano Superior) constituem as principais litologias do planalto (SÃO PAULO. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, 1978); migma-

titos do Grupo Paraíba (Pré-Cambriano Médio) ocorrem secundariamente.

O soerguimento do planalto, e seu re-trabalhamento quaternário sob climas de altitude, originou um sistema de paisagem em nítido contraste com as terras baixas circunjacentes; características próprias de clima, formas de relevo, formações superficiais e vegetação permitem defini-lo como um enclave de altitude, acima da área de maior tipicidade do “domínio morfoclimático dos mares de morros” (AB’SABER, 1966, 1970 e 1973).

Temperaturas médias anuais em torno de 14°C, mínimas abaixo de 0°C e máximas de até 30°C, ao lado da ocorrência comum de geadas, caracterizam o clima do planalto. A pluviosidade varia muito, com totais anuais entre 800 e 2800mm. A distribuição das chuvas durante o ano mostra concentração superior a 80% de outubro a março e um período relativa-

\* Instituto Geológico — SAA — Cx. Postal 8772 — 01000 — São Paulo — SP, Brasil

mente seco de outono-inverno. No frontão da Mantiqueira, na parte mais elevada do planalto, a influência orográfica provoca diminuição da temperatura e aumento das precipitações; a estação seca é pouco nítida.

## 2 A COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E AS FORMAÇÕES SUPERFICIAIS. IMPLICAÇÕES MORFOGENÉTICAS

Nos altos campos do planalto, o modelado suave do topo dos interflúvios e das "lombas" (vertentes convexas e alongadas recobertas por campo) contrasta com as formas dissecadas das vertentes retilíneas e dos anfiteatros de erosão. A vegetação de campo e mata compõe um mosaico típico, estreitamente relacionado às formas de relevo, à rede de drenagem e às formações superficiais (MODENESI, 1980 e 1983), há uma relação constante entre mamelonização e campo, e dissecação e mata. Nas bordas do planalto e nas áreas muito dissecadas este mosaico é substituído por recobrimento florestal contínuo.

Entre o divisor da Mantiqueira (morro de Itapeva — 1950m) e o vale do Sapucaí-Guaçu (1573m em Vila Capivari) três níveis topográficos, embutidos na superfície cimeira (altitudes superiores a 1900m), sucedem-se a 1800-1820m, 1710-1740m e 1640-1660m. Migmatitos predominam nos dois níveis mais baixos e rochas granitóides acima de 1800m.

Os materiais de recobrimento do topo dos morros e do setor mamelonado das vertentes são rasos e contrastam com aqueles, mais espessos, dos anfiteatros e vertentes retilíneas. Nas vertentes são comuns dois níveis de linhas de seixos com colúvios intercalados. O inferior, mais importante, relacionar-se-ia à fase de pavimentação detrítica do Pleistoceno Terminal, observada em todo o País; o superior testemunha, provavelmente, processos atuantes em fase intra-holocênica de clima mais seco (MODENESI, 1984). As linhas de seixos do topo dos morros, quase sempre num só nível, podem representar a superposição de mais de uma fase de pavimentação detrítica.

As formações superficiais do planalto de Campos do Jordão constituem materiais muito intemperizados com minera-

logia representada essencialmente por quartzo, gibbsita e caulinita. Relações entre compartimentação geomorfológica e grau de intemperismo, pouco evidentes nos solos, são mais nítidas na rocha alterada. O grau de intemperismo das rochas é maior no topo dos interflúvios; restos de lateritas aluminosas, encontradas acima de 1800m, representam o último estágio de alteração das rochas do planalto. Nas vertentes, solo e rocha alterada exibem um grau de alteração um pouco menor; a cronologia de alteração das rochas relaciona-se estreitamente à dinâmica morfofenética e à variação de intensidade dos processos erosivos (MODENESI, 1980 e 1983). As seqüências de alteração inversas ou desordenadas dos depósitos de vertente refletem, com frequência, o tipo de processo envolvido na movimentação dos materiais nas encostas (MODENESI, 1980 e 1983).

Lateritas aluminoferruginosas encontradas acima de 1800m e os restos de latossolos retrabalhados das vertentes do nível topográfico de 1800-1820m representam vestígios de importante manto ferralítico, certamente relacionado a condições e processos anteriores à acentuação do soerguimento do planalto. Tais relictos permitem associar as áreas situadas acima de 1800m a retrabalhamentos pré-pleistocênicos da superfície cimeira. Os dois níveis inferiores (1710-1740m e 1640-1660m) representariam o resultado de fenômenos de redissecação mais recentes, provavelmente pleistocênicos.

O grau de alteração dos materiais de cobertura do topo dos morros, semelhante em todos os níveis topográficos, parece relacionar a sua distribuição a um episódio de coluviação posterior à expansão generalizada da pavimentação detrítica e, portanto, de idade holocênica.

## 3 A EVOLUÇÃO QUARTENÁRIA DAS VERTENTES

A evolução pleistocênica das vertentes dos altos campos do planalto reflete uma sucessão de eventos documentada por, pelo menos, três gerações de anfiteatros de erosão e por seus depósitos correlativos (MODENESI, 1984). Originados em concavidades pouco acentuadas, relacionadas à ação de pequenos movimentos de massa ou à concentração do escoamento

mento superficial, os anfiteatros teriam sido ampliados por escorregamentos amplos e profundos — provavelmente de tipo rotacional (slump-slides) — e por subseqüentes escorregamentos rasos e corridas (mudflow, earthflow, debris-flow). A evolução destas formas e suas correlações morfológicas e posicionais com os materiais grosseiros das calhas de drenagem podem ser resumidas pelo esquema apresentado na Fig. 1. Ações do escoamento superficial limitaram-se, apenas, ao retrabalhamento dos materiais liberados pelos movimentos de massa. Três níveis de cascalheiras testemunham as antigas calhas aluviais relacionadas à evacuação dos detritos das fases de degradação das encostas (Fig. 2).

O caráter cíclico destes fenômenos parece refletir um controle climático, a ação mais intensa dos processos erosivos estaria relacionada, principalmente, à transição para as condições mais secas das épocas frias do Pleistoceno, caracterizadas por concentração da pluviosidade, redução da cobertura vegetal e conseqüente exposição do regolito. As três gerações de formas e depósitos poderiam ser atribuídas a eventos do Pleistoceno Médio (anfiteatros I e altos terraços) e Superior (anfiteatros II e III e baixos terraços com cascalho); formas mais antigas sugerem a permanência deste modo de evolução por todo o Pleistoceno. Entretanto, não se pode esquecer a interferência de levantamento muito recente na morfogênese do planalto. As evidências morfológicas observadas principalmente ao longo de alinhamentos estruturais pré-cambrianos e o afogamento generalizado dos setores basais dos anfiteatros de erosão sugerem duas retomadas do soerguimento durante o Pleistoceno Superior (MODENESI, 1984). Na área do morro da Pedra de Fogo, anfiteatros III dissecam as facetas trapezoidais e triangulares que seccionam os esporões laterais dos anfiteatros II (Fig. 3).

Registros contidos principalmente no terço inferior das “lombas” e nas depressões da base dos anfiteatros permitiram reconstituir uma seqüência de episódios holocênicos de atividade e estabilidade morfodinâmica (MODENESI, 1984). Colúvios depositados por corridas de terra e lama, ou por processos de solifluxão, representariam três fases de intensificação das atividades erosivas; paleossolos enterrados e o horizonte A superficial testemunhariam épocas intermediárias de menor atividade denudacional e pedogênese.

#### 4 CONSIDERAÇÕES PALEOCLIMÁTICAS E PALEOECOLÓGICAS

A substituição dos grandes e profundos escorregamentos pleistocênicos por processos holocênicos dotados de menor agressividade erosiva, capazes de remobilizar apenas a parte superior das formações superficiais, concorda com a diminuição da atividade morfodinâmica observada nas encostas de todo o Brasil Sul e Sudeste. Como indicam a preservação de depósitos turfosos suspensos acima das várzeas atuais e as seqüências colúviais de vertente — com níveis de paleossolos escuros e testemunhos de pavimentação detrítica holocênica — esta tendência geral teria sido especialmente marcada nos altos campos, pelas condições próprias de sua posição cimeira. A superposição de duas tendências pedoquímicas, freqüente nas formações superficiais de vertente — onde materiais ferralíticos constituem, muitas vezes, o substrato de nova pedogênese de tendência podzolizante —, parece confirmar esta constatação. Nem sempre fenômenos de erosão e deposição separam duas fases de pedogênese; descontinuidades geomorfológicas podem estar representadas por superposições pedológicas.

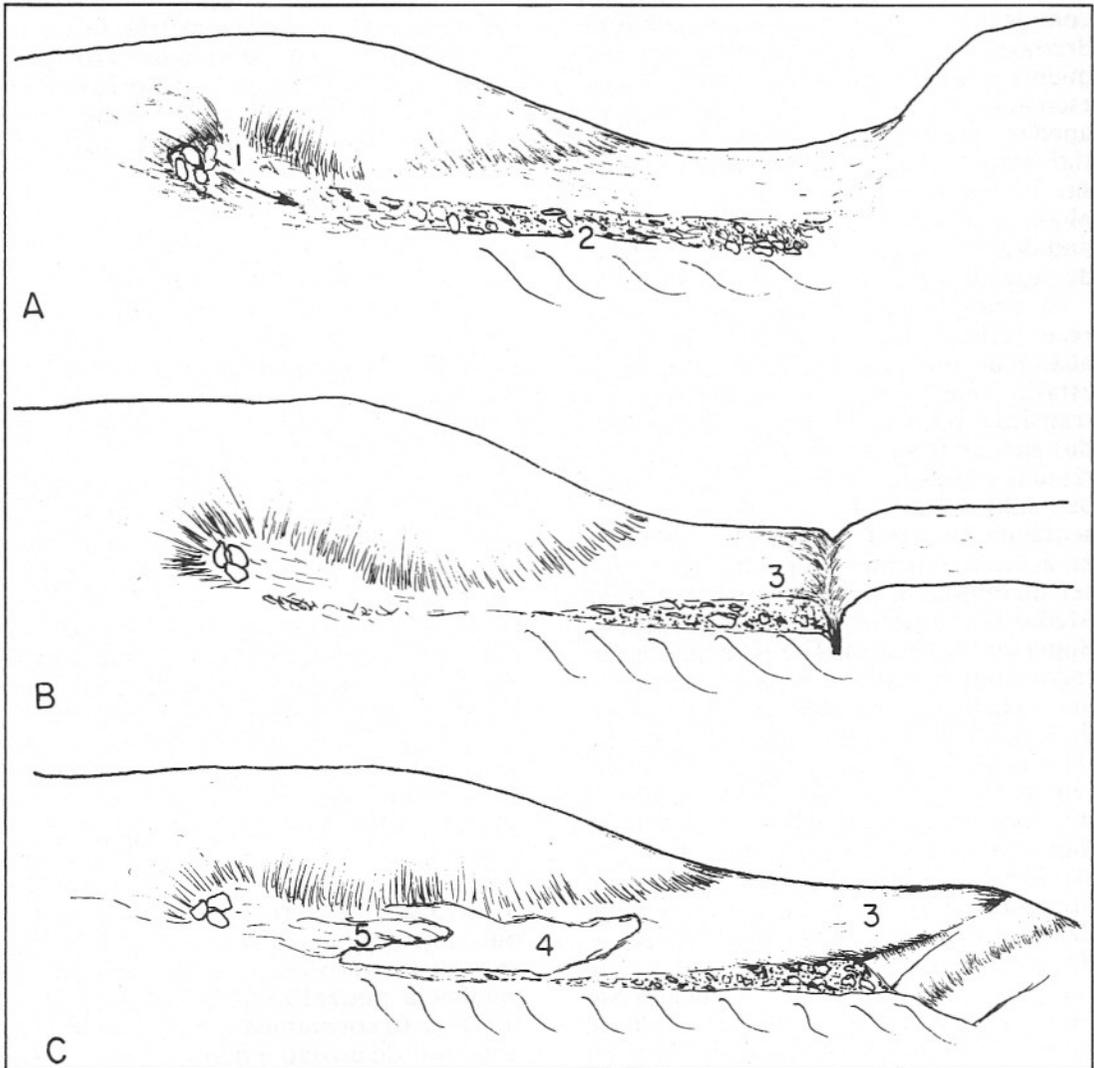


FIGURA 1: esquema evolutivo dos anfeiteiros de erosão e de sua articulação com os depósitos de terraço. A — movimentos de massa nas vertentes com elaboração de anfeiteiros (1) e de rampas de desgaste (2) na rocha alterada. Entulhamento das calhas fluviais. B — Retrabalhamento e evacuação parcial dos detritos. Incisão fluvial e formação de terraços (3). C — Desenvolvimento de zonas encharcadas ou lagos (4) a montante de soleiras rochosas e deposicionais. Colmatação progressiva por sedimentos finos e resíduos da vegetação local formando "turfeiras". Lobos de corridas de detritos (5) sobrepostos às "turfeiras".

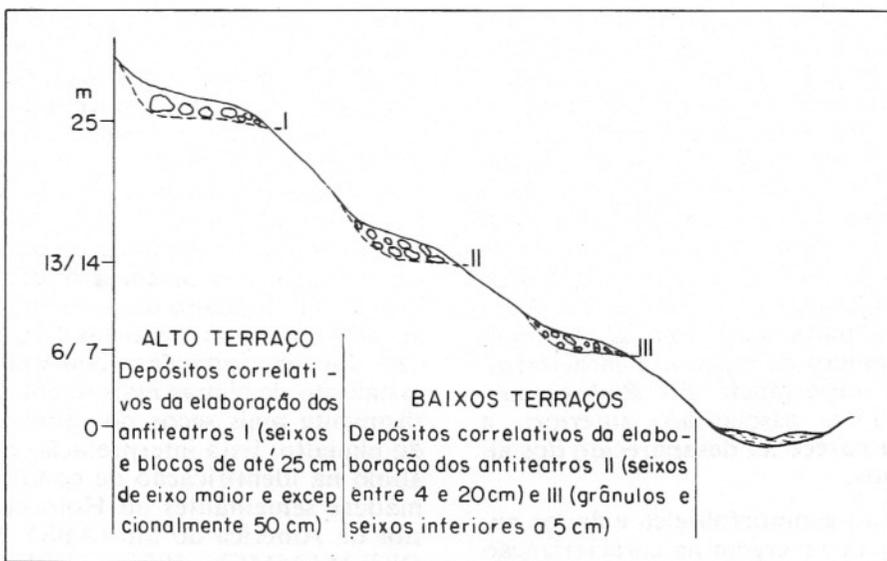


FIGURA 2: Os depósitos de terraço do Ribeirão das Perdizes (Jardim Primavera)

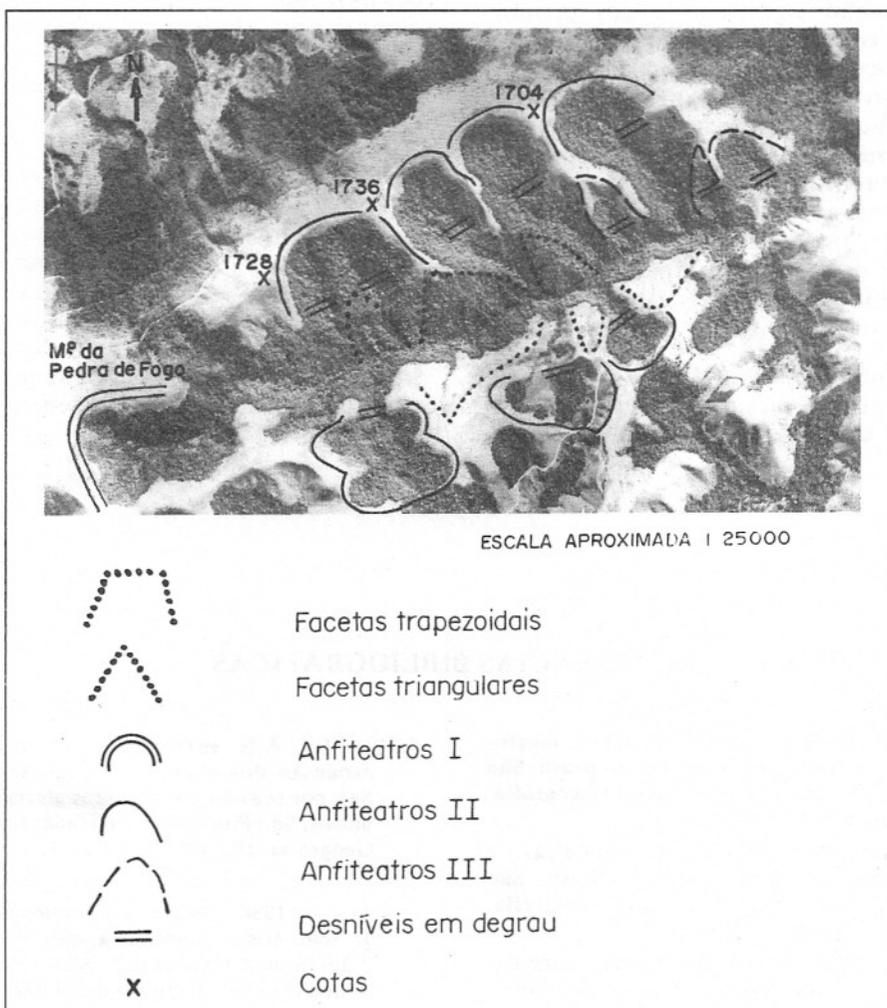


FIGURA 3: Esquema geomorfológico da área do morro da Pedra de Fogo.

A palinologia dos depósitos turfosos contidos nas depressões hidromórficas da base dos anfiteatros de erosão detectou pequenas variações da cobertura vegetal, provavelmente relacionadas à variação das condições climáticas holocênicas. A mata subtropical heterogênea dominante no Holoceno Inferior teria existido ao lado de uma vegetação de campo com *Curatella*, gênero típico dos campos cerrados. No Holoceno Superior, uma mata mais homogênea, com menor número de espécies e caracterizada pela importância do *Podocarpus*, substituiu a associação anterior; a *Curatella* parece ter desaparecido dos altos campos.

Evolução geomorfológica e dados palinológicos convergem na caracterização da permanência do mosaico de distribuição da vegetação por todo o Holoceno, sem variação significativa das proporções do recobrimento de mata e campo. As condições excepcionais de umidade criadas no interior dos anfiteatros poderiam explicar a preservação do mosaico e a permanência da vegetação florestal, mesmo nas fases de climas frios e secos do Pleistoceno. O ajustamento da vegetação às condições de temperatura e umidade estaria refletido na variação das associações vegetais dos campos e das matas.

Nos climas relativamente frios e secos do Pleistoceno, na provável época de penetração das araucárias no planalto de

Campos do Jordão (AZEVEDO, 1965 e AB'SABER, 1977), matas subtropicais de altitude teriam ocupado os vales e os anfiteatros de erosão, alternando-se com vegetação aberta, provavelmente de tipo estépico (AB'SABER, 1977), associada ao chão pedregoso do topo dos morros e das vertentes mamelonadas. As evidências de maior diversidade da associação das matas e a ocorrência de *Curatella*, indicariam aumento das temperaturas e, ao mesmo tempo, redução e concentração das precipitações, confirmando a instalação de climas mais quentes e relativamente mais secos nos altos campos do planalto. Esta interpretação encontra apoio na identificação de condições climáticas semelhantes no Holoceno Inferior da América do Sul (ABSY & VAN DER HAMMEN, 1976 e ABSY, 1979) e na caracterização de fase de semi-aridez descontínua, por ocasião do "optimum climaticum" holocênico (6000 a 8000 anos), nos compartimentos deprimidos dos planaltos inter e subtropicais do Brasil (AB'SABER, 1980).

As subseqüentes alterações das associações das matas e dos campos parecem refletir a passagem para as atuais condições do clima do planalto, caracterizadas por diminuição das temperaturas e da sazonalidade na distribuição das precipitações. Estes fatos demonstrariam que até mesmo as cimeiras do planalto sofreram o impacto das pequenas flutuações climáticas intra-holocênicas (MODENESI, 1984).

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. 1966 O domínio morfo-climático dos mares de morros no Brasil. São Paulo, Universidade, Instituto de Geografia. 9p. (Geomorfologia, 2)
- 1970 Províncias geológicas e domínios morfo-climáticos no Brasil. São Paulo, Universidade, Instituto de Geografia. 26p. (Geomorfologia, 20)
- 1973 A organização das paisagens inter e subtropicais brasileiras. São Paulo, Universidade, Instituto de Geografia. 39p. (Geomorfologia, 41)

- AB'SABER, A.N. 1977 Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais eaternários. São Paulo, Universidade, Instituto de Geografia. 19p. (Paleoclimas, 3)
- 1980 Razões da retomada parcial de semi-aridez holocênica, por ocasião do "Optimum Climaticum". São José do Rio Preto, UNESP, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. 6p. (Interfácies: escritos e documentos, 8).

- ABSY, M.L. 1979 A palynological study of Holocene sediments in the Amazon Basin. Amsterdam, University. 86p. Thesis.
- & VAN DER HAMMEN, T. 1976 Some palaeoecological data from Rondonia, Southern part of the Amazon Basin. *Acta Amazonica*. Manaus, 6(3): 203-299.
- ALMEIDA, F.F.M. de 1951 A propósito dos "relevos policíclicos" na tectônica do Escudo Brasileiro. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, (9): 3-18.
- 1964 Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: SÃO PAULO. INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO. *Geologia do Estado de São Paulo*. São Paulo. p. 167-263. (Boletim, 41)
- 1976 The System of Continental Rifts bordering the Santos Basin, Brazil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE AS MARGENS CONTINENTAIS DE TIPO ATLÂNTICO, São Paulo, 1975. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências. p. 15-26. (Suplemento do Anais da Academia Brasileira de Ciências, vol. 48)
- AZEVEDO, L.G. 1965 Contribuição à delimitação dos tipos de vegetação do Estado de São Paulo — Região de Campos do Jordão. *Arquivos de Botânica do Estado de São Paulo. Nova Série*, São Paulo, 4(1): 9-21.
- DE MARTONNE, E. 1940 Problèmes morphologiques du Brésil Tropical Atlantique. *Annales de Géographie*, Paris, 49 (277): 1-27 e 49 (278/279): 106-129.
- FREITAS, R.O. de 1951 Relevos policíclicos na tectônica do Escudo Brasileiro. *Boletim Paulista de Geografia*, São Paulo, (7): 3-19.
- MODENESI, M.C. 1980 Intemperismo e morfogênese no Planalto de Campos do Jordão, São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 10 (3): 213-225.
- 1983 Weathering and morphogenesis in a Tropical Plateau. *Catena*, Braunschweig, 10 (3): 237-251.
- 1984 Significado dos depósitos correlativos quaternários em Campos do Jordão — São Paulo: implicações paleoclimáticas e paleoecológicas. São Paulo. 221p. (Tese de Doutorado — FFLCH-USP)
- SÃO PAULO. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. DMGA 1978 *Geologia da região administrativa 3 Vale do Paraíba e parte da região administrativa 2 Litoral do Estado de São Paulo*. São Paulo. 2 vols. (Monografias, 1).