

# PROBLEMAS MORFOLÓGICOS DO BRASIL TROPICAL ATLÂNTICO

Emmanuel de Martonne

(Publicado na Revista Brasileira de  
Geografia n.º 4, Ano V, outubro/  
dezembro de 1943).

# REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA

Ano V

OUTUBRO-DEZEMBRO DE 1943

N.º 4

## PROBLEMAS MORFOLÓGICOS DO BRASIL TROPICAL ATLÂNTICO

*Prof. Emmanuel De Martonne*

Diretor do Instituto de Geografia da  
Universidade de Paris — Secretário  
Geral da União Geográfica  
Internacional

(PRIMEIRO ARTIGO) — (N. R.)

(EST. I, XIV — XVI)<sup>1</sup>

Do imenso território brasileiro, a única parte cujo relêvo possa ser objeto de estudo para a morfologia moderna é o maciço atlântico, cujos planaltos e serras, ultrapassando 2 000 m de altitude, se estendem ao longo da costa de Santos à Bahia e são conhecidos até a mais de 500 km para o interior, nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Minas Gerais. É aí que aportaram os primeiros conquistadores, impelidos pelos alíseos; aí se estabeleceram firmemente grandes massas de europeus, que, por causa das plantações, e sobretudo das minas, foram obrigados a ter um conhecimento mais rigoroso do solo e do subsolo (fig. 1). A carta ao milionésimo em quase tôda essa região não se reduz a uma simples compilação. O Serviço Geológico de São Paulo, organizado nos moldes do *Geological Survey* dos Estados Unidos, publicou, na falta de cartas geológicas, uma importante série de cartas nas escalas de 1:100 000 e de 1:200 000 cobrindo tôda a região litorânea do Estado e avançando ao norte, até o Rio Grande. O Estado de Minas imitou seu vizinho, e suas cartas na escala de 1:100 000 vão até à nova capital, Belo Horizonte.<sup>2</sup> A extensão limitada do Distrito Federal, em tórno

NOTA DA REDAÇÃO — Em 1940, o Prof. EMMANUEL DE MARTONNE publicou nos *Annales de Géographie* dois artigos sôbre "Os problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico". Em consequência dos acontecimentos de maio-junho de 1940, chegaram ao Brasil sômente dois exemplares do primeiro artigo, enquanto que do segundo se sabia aqui apenas da sua existência.

O interesse dêsses artigos era tal que, por via diplomática, foi solicitada ao Professor DE MARTONNE a remessa de um exemplar de cada um dêles, assim como a permissão para traduzi-los e publicá-los. O Professor DE MARTONNE atendeu a êsse pedido e fêz doação de seus direitos autorais, como agradecimento pela acolhida que teve por ocasião de suas missões no Brasil.

<sup>1</sup> A publicação dêste artigo, que deveria aparecer no número 276 de 15 de novembro de 1939, foi retardada pela redução de 50% do número de páginas, conforme as prescrições governamentais resultantes do estado de guerra, às quais são submetidas as publicações periódicas. É a razão pela qual as estampas fora de texto que o acompanham trazem a referência ao n.º 276 e ao tomo XLVIII. (O autor refere-se aos *Annales de Géographie*).

<sup>2</sup> A representação do relêvo por meio de curvas de nível equidistantes de 25 m é frequentemente muito expressiva na carta paulista, mas as cotas são demasiado raras. A carta de Minas parece estar apoiada numa triangulação mais densa, mas a representação por curvas equidistantes de 50 m é menos satisfatória.

No Estado de São Paulo, a Comissão Geográfica e Geológica publicou, além disso, uma série de levantamentos na escala de 1:50 000 dos principais cursos de água e do litoral. Estes últimos dão a representação do relêvo por curvas de nível numa faixa que atinge às vêzes 20 a 30 km de largura (tôda a ilha de São Sebastião aí está compreendida).

do Rio, é figurada por uma carta admirável, que faz sentir mais ainda a falta de documentação precisa para todo o Estado do Rio de Janeiro, o do Espírito Santo e o da Bahia.<sup>3</sup>

Não surpreenderá a ausência de uma cartografia geológica regular. A melhor visão de conjunto que foi publicada é ainda a carta geológica ao milionésimo do Estado de São Paulo. Apesar disso, o Brasil tropical atlântico está bem longe de ser uma região nova para a pesquisa científica. Muito cedo, antes das primeiras cartas, antes das estradas de ferro e mesmo das rodovias, naturalistas como AUG. DE SAINT-HILAIRE, LIAIS, ESCHWEGE, BRANNER e DERBY nela deixaram sinais de sua pas-

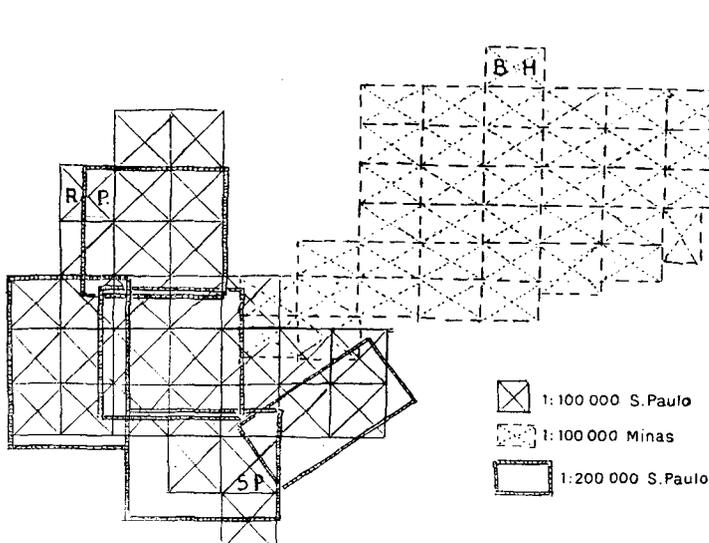


Fig. 1 — Quadro da reunião das cartas topográficas do Brasil Tropical Atlântico a 1:100 000 e 1:200 000 (Estados de São Paulo e de Minas Gerais). SP., Fôlha de São Paulo, 1:100 000 — RP., Fôlha Ribeirão Preto 1:100 000, — BH., Fôlha Belo Horizonte, 1:100 000 — Notar o recobrimento dos mapas dos dois Estados e a irregularidade da forma das fôlhas.

sagem. Uma corrente continuada de sábios estabeleceu-se entre a Europa e este admirável campo de estudo; e os serviços locais multiplicaram as contribuições para o conhecimento do solo, a ponto de ser difícil conhecer e avaliar todo o seu valor.<sup>4</sup> As idéias gerais e as hipóteses, que os fatos conhecidos podem sugerir, foram discutidas em sua maior parte. É chegado talvez o momento de tentar fazer uma seleção dentre elas, levando em conta progressos feitos pelos métodos de análise morfológica.<sup>5</sup>

<sup>3</sup> As cartas desses Estados, publicadas em escalas próximas ao milionésimo, são de valor muito desigual. A do Estado de São Paulo, embora muito melhor, publicada com convenções geológicas coloridas, oferece diferenças desconcertantes em relação às cartas topográficas na escala de 1:100 000 ulteriormente publicadas.

<sup>4</sup> Assinalaremos, dentre os trabalhos que nos foram mais úteis, além dos que menciona P. DENIS em sua excelente "mise-au-point" da *Géographie Universelle* (t. X *Amérique du Sud*, 1.<sup>a</sup> parte, 1927): WASHBURN, *Petroleum Geology of the State São Paulo*, Com. Geogr. Geol. São Paulo, Bol. 32; JAMES, PRESTON, *The surface configuration of SE BRAZIL* ("An. Assoc. Amer. Geogr." XXXIII, 3, 1932, págs. 165-193); — e os numerosos artigos de L. F. DE MORAIS Rêgo, entre os quais é preciso destacar especialmente: *Notas sobre a geomorfologia de São Paulo, e sua gênese* (Inst. Astronômico e Geográfico ..... São Paulo, 1932, 28 p.); *O vale do São Francisco, ensaio de monografia geográfica* (Rev. do Museu Paulista, Univ. de São Paulo, XX, 1936, págs. 491-706); — *Camadas cretáceas do sul do Brasil* (An. Escola Politécnica, São Paulo, 1935, págs. 231-274); — *O sistema de Santa Catarina em São Paulo* (An. Escola Politécnica, S. Paulo, 1936, págs. 3-87).

<sup>5</sup> É em suma isto que tentou O. MAUL nas conclusões de sua interessante relação de viagem: *Vom Itataya zum Paraguay*, Leipzig, 1927 — e em um artigo muito substancioso da *Zeitschr. d. Ges. f. Erkunde*, Berlin, 1924, p. 161-196: *Die geomorphologische Grundzüge Mittel-Brasiliens*. As soluções que ele traz são sempre inteligentes, mas raramente baseadas numa discussão completa.

Dois problemas merecem particularmente a atenção: as relações do relêvo com a estrutura e a originalidade do modelado tropical.

O primeiro se apresenta aqui em condições particulares, sem exemplo na Europa nem na América do Norte, mas parece que não sem analogia com os que se oferecem, seja na África, seja na Austrália, na borda de fragmentos do mesmo bloco gondwânico.<sup>6</sup>

O segundo foi sobretudo considerado com a finalidade de explicar detalhes pitorescos, como os famosos pães de açúcar, dos quais o mais célebre é o que marca a entrada da famosa enseada do Rio.<sup>7</sup> Ele mereceria ser mais largamente considerado; oferecendo-se então a ocasião de notar uma diferenciação segundo as mudanças do clima, que se torna menos úmido para o interior, e segundo as altitudes que ultrapassam largamente 2 000 m.

## 1 — RELÊVO E ESTRUTURA

**Bloco fraturado ou relêvo apalachiano** Os traços gerais do relêvo sugerem evidentemente a idéia de um bloco antigo levantado e fraturado.

Desde o primeiro momento em que os transatlânticos rápidos se aproximam da costa, até o Rio e mesmo além de Santos, aparece a serra do Mar como uma alta escarpa, que lembra, numa outra paisagem, a frente SE do Maciço Central francês.<sup>8</sup> Só o rio Doce abre uma brecha na muralha rígida e contínua. Em tôda parte a impressão é a mesma, logo que se tenha atravessado as suas cumiadas, quer seja pela estrada de ferro, a rodovia moderna ou a pista acessível aos automóveis, que acaba de ser aberta, do Rio a Petrópolis, de Santos ou São Vicente a São Paulo, de Ubatuba ou Caraguatatuba em direção ao Paraíba.

As declividades vertiginosas, que causam espanto de se ver revestidas de floresta densa, (est. XIV A) sucede uma topografia ondulada, de vales largos e freqüentemente com fundo pantanoso. O homem contribuiu para acentuar o contraste pelo deflorestamento progressivo do planalto ondulado, enquanto que a floresta se fecha novamente sôbre as ilhotas de agricultura, que datam dos primeiros tempos da colonização, na base da grande escarpa da serra do Mar. A linha de cumiada é um divisor de águas e as capturas aí surpreendem menos por sua existência do que por sua relativa raridade. Todos os rios (com exceção do rio Doce e do Paraíba) voltam as costas ao Oceano; as altitudes se abaixam, no conjunto, para Oeste. No Estado de São Paulo, vê-se dentro em pouco o maciço cristalino desaparecer sob uma cobertura sedimentar discordante, mergulhando para o Paraná, e, após uma zona de planícies que

<sup>6</sup> A aproximação das séries estratigráficas não deixou de ser feita pelos geólogos (principalmente A. L. Du Toit, *Our wandering continents*, in-8.º, 360 págs., Edimburgo, 1937, e F. de MORAIS RÊGO, *O sistema de Santa Catarina*, loc. cit.). Os geógrafos não parecem ter considerado o que as formas do relêvo devem a estruturas análogas e às suas diferenças locais.

<sup>7</sup> Ver principalmente FREIBERG, *Die Lateritoberfläche in Landschaftsbild vom Rio de Janeiro* (Leopoldina, Ber. d. K. Akademie d. Naturforsch. II, 1926, págs. 121-131) — F. W. FREISE, *Brasilianische Zuckerhutberge* (Zeitschr. f. Geomorphologie, VIII, 2, 1933, págs. 49-66) e *Bodenverkrustungen in Brasilien* (Zeitschr. f. Geomorphologie, IX, 6, 1936, págs. 233-248).

<sup>8</sup> Pensei poder desenvolver a comparação a propósito da serra do Mar e do "Espinouse" (Bull. de l'Assoc. de Géogr. Français, dez., 1933, págs. 138-145).

lembram a depressão periférica dos nossos maciços hercinianos, ergue-se um relêvo monoclinal vigoroso com aberturas (percées) conseqüentes e morros-testemunhas (battes-témoins). Esta cuesta de Botucatu é o bordo do capeamento de arenitos, com intercalações de rochas eruptivas básicas, que cobre, em imensas extensões, o embasamento gondwânico, no Brasil e no Uruguai, tal como na África Ocidental Francesa, África Austral e Índia (fig. 2). A inclinação do embasamento para o interior não é, porém, a mesma em tôda parte; o Paraíba médio, correndo quase paralelamente à costa, é dominado por um segundo abrupto, a serra da Mantiqueira, quase sempre vizinha de 2 000 m, aproximando-se mesmo de 3 000 em dois pontos. Seu largo vale está escavado em argilas lacustres, datadas por uma flora e uma fauna do Neogêneo recente. O "fôssô do Paraíba", comparável aos de tantos maciços antigos, tornou-se um tema muitas vêzes repetido.

Tais são as interpretações que se impuseram. Os progressos dos levantamentos topográficos e dos reconhecimentos geológicos obrigam a considerar outras perspectivas. A orientação da serra do Mar, da Mantiqueira e do Paraíba não é a única a aparecer no terreno e nas cartas a 1:100 000. Algumas cristas repetem, a alguns quilômetros de distância, um alinhamento E-O, ao norte de São Paulo. A sudoeste do Estado de Minas, os alinhamentos N-S são particularmente notáveis. Freqüentemente a relação dêsses alinhamentos com a estrutura é evidente; as alturas formadas de rochas mais duras parecem tangentes ao mesmo nível. É num relêvo apalachiano que se é levado a pensar. Os alinhamentos das serras litorâneas, que se repetem êles próprios em tôda uma série de acidentes, não admitirão a mesma explicação?

Sabemos agora o bastante sôbre o Brasil para sermos obrigados a encarar êsse problema, que se formula para todos os velhos maciços, terras hercinianas da Europa ou blocos do antigo continente de Gondwana. Na diferenciação do relêvo, na qual dois processos — deslocamentos da massa, com empenamento e maior ou menor soerguimento, e recomêço da erosão guiada pela estrutura antiga desempenharam, na verdade, o seu papel; qual seria a participação de cada um dêles?

**Estrutura antiga** Para responder, é indispensável estar bem informado sôbre esta estrutura, muito mais complexa que as cartas de conjunto fazem supor.<sup>9</sup> A zona herciana da Europa, desmembrada pelos contragolpes dos dobramentos alpinos, habituou-nos a ver em cada um dos blocos cristalinos de dimensões modestas, um conjunto de rochas muito resistentes, opondo-se simplesmente às massas sedimentares, das quais mal se destaca. Aqui, em imensas extensões, aparece o velho embasamento, e a diferenciação do relêvo pode ser atribuída a uma desigual resistência das rochas cristalinas, num clima em que a decomposição é mais rápida e dá um maior poder seletivo à erosão.

<sup>9</sup> A carta geológica do Estado de São Paulo não fez aí nenhuma distinção.

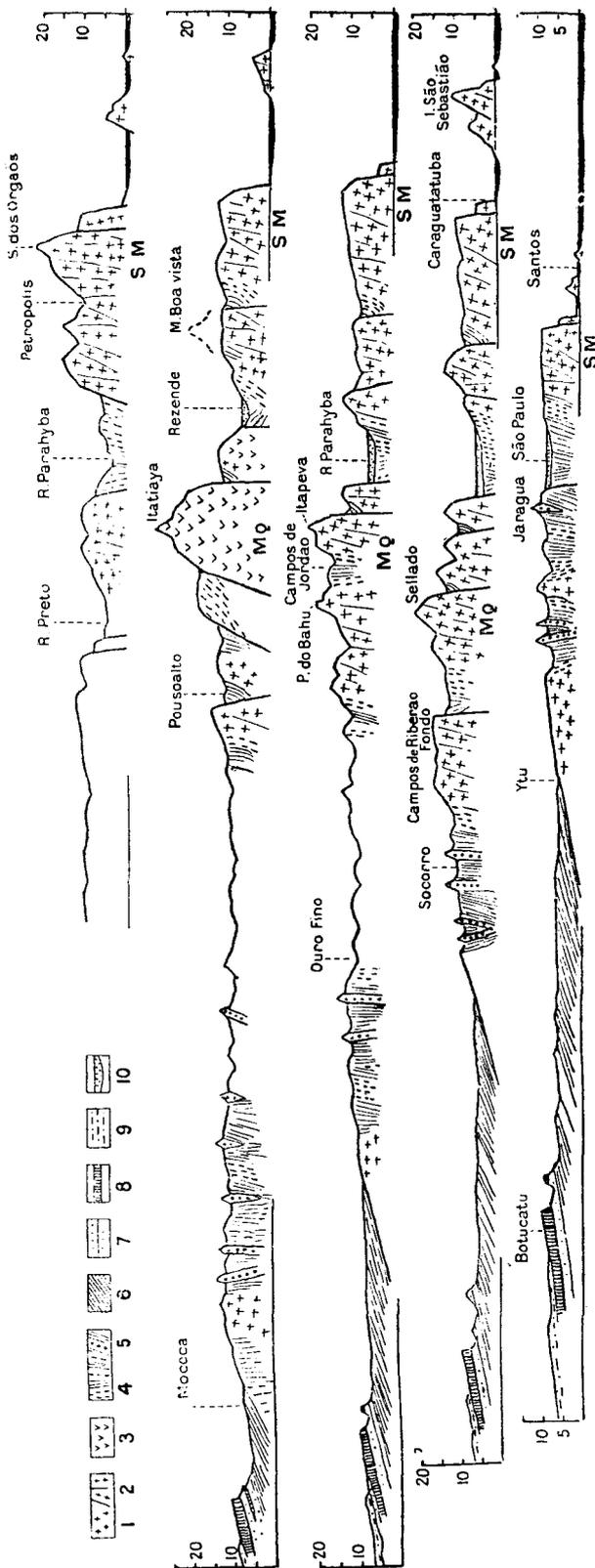


Fig. 2 — Série de cortes esquemáticos do Brasil Tropical Atlântico, orientados NO-SE.

1 — Granito, 2 — Gnaiss, 3 — Sienito, 4-5 — Série de São Roque (micaristos, cloritostitos com corneanas, calcários metamórficos) (4) e quartzitos (5), 6 — Série permo-triássica (argilas glaciares, xistos e arenitos), 7 — Arenitos réticos, 8 — Lencol de trap (basalto), 9 — Arenito de Bauru (cretáceo), 10 — Plioceno. — Aproveitamentos: SM, serra da Mantiqueira — Escala das distâncias, cerca de 1:800 000; altura (exagerada 10 vezes) em hectômetros.

A própria série arqueana, que forma as serras litorâneas (serra do Mar e serra da Mantiqueira), não é um todo homogêneo. Aí os granitos são freqüentemente menos resistentes do que os gnaisses; são encontrados decompostos em toda a altura dos cortes de 30 a 40 m, ao longo da estrada de Petrópolis, além dos subúrbios do Rio de Janeiro, enquanto que os verdadeiros gnaisses de côr clara, freqüentemente porfiróides, aparecem nas cristas. Notou-se que os gnaisses escuros dominam ao longo do Paraíba; sua grã mais fina e sobretudo a abundância da mica negra, tornam-nos certamente mais sensíveis à decomposição. Para **MORAIS RÊGO**, o "fôssco do Paraíba" é uma pura hipótese e a depressão é simplesmente obra da erosão nesses gnaisses menos resistentes.

Não há dúvida, em todo caso, que as séries m e n o s intensamente metamorizadas, conhecidas no interior, oferecem rochas de resistência desigual. No Estado de São Paulo a série de São Roque é um complexo de filitos, quartzitos e calcários metamórficos

fortemente dobrados e atravessados por numerosas apófises graníticas com corneanas e anfibólitos. No Estado de Minas, onde a exploração do ouro e do ferro conduziram a repetidas prospecções, distinguiram-se numerosas séries de metamorfismo desigual: a série de Minas, comparável à de São Roque por seu vigoroso dobramento, seus filitos e suas corneanas, onde os quartzitos formam a maioria das elevações; — uma série do Espinhaço, cujos arenitos com sílex exercem também uma notável influência no relêvo; — enfim uma série de Bambuí, menos deslocada e tão fracamente metamorfozada que alguns fósseis, que lhe indicam uma idade gotlandiana, foram encontrados nos calcáreos, aos quais se deve, ao norte de Belo Horizonte, o desenvolvimento de fenômenos cársticos.

Todos êsses elementos, sofreram numerosas fases orogênicas cujo estilo e cujas linhas diretrizes podem ter sido diferentes. As “Brasílicas” assim formadas permaneceram, como as “Saháridas”, qual um pedestal insensível aos dobramentos e que a erosão tendia a nivelar e a soterrar sob seus detritos. O Devoniano do Estado de São Paulo é o último episódio marcando uma invasão marinha, e, aí como na África, como na Índia e na Austrália, são sedimentos continentais que recobrem uma grande parte do embasamento (série de Santa Catarina no Estado de São Paulo). Aí, também se nota um episódio glaciário, morainas e conglomerados, entre um Carbonífero xistoso com fetos (*Gangamopteris*) e um Permiano com répteis (*Mesosauros*). No Estado de São Paulo, o Glaciário, mais argiloso, permaneceu quase como foi deposto; mas, no Estado de Minas, a série de Lavras, mais rica em conglomerados, está ligeiramente dobrada.

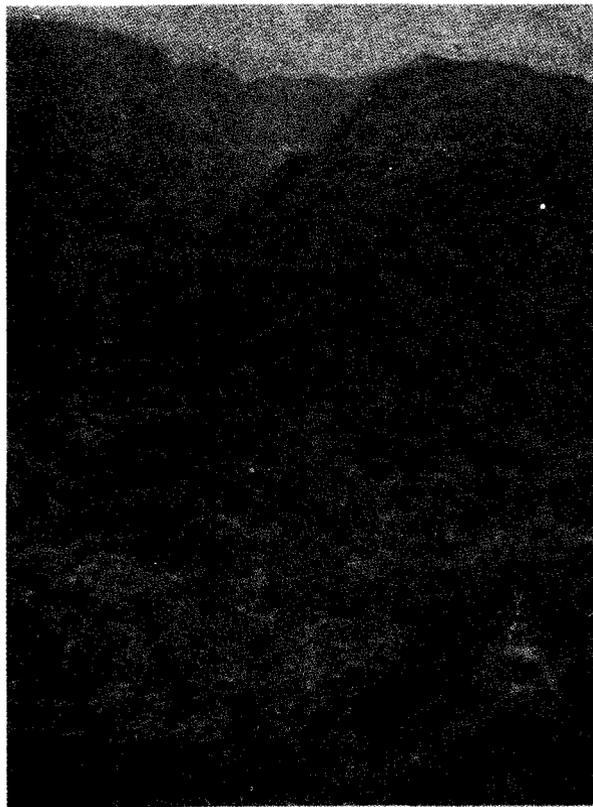
Tudo indica uma estabilidade mais precoce ao sul, uma sensibilidade maior ao norte. No Triássico, entretanto, as condições parecem mais uniformes e os arenitos de Arcado, com as lavas que os recobrem na bacia do São Francisco, lembram os arenitos de Botucatu, do Estado de São Paulo, com seus basaltos; em tôda a parte são as mesmas chapadas, as mesmas frentes de cuevas com morros-testemunhas abruptos.

#### **Capreamento sedimentar e superfície de erosão fossilizada**

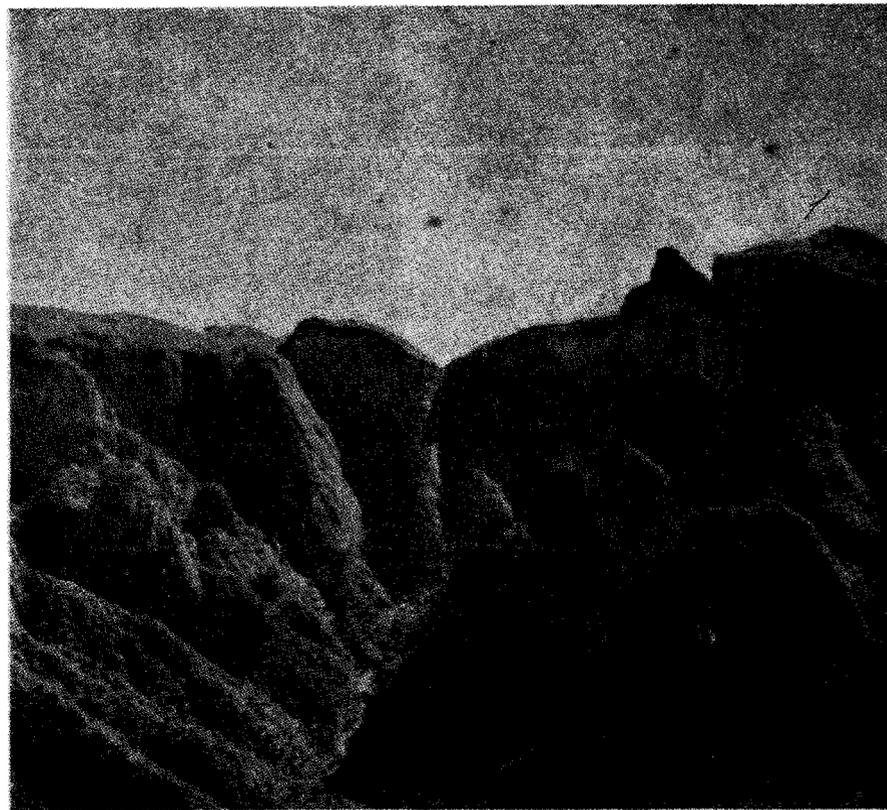
Esses dados permitem concluir pela possibilidade de uma topografia apalachiana desenvolvida nas séries dobradas pré-carboníferas, compreendendo mesmo a série arqueana. A importância da cobertura sedimentar detrítica, de origem continental, atesta a das erosões que nivelaram os antigos dobramentos. Dever-se-ia poder encontrar restos da superfície de erosão fossilizada.

O exame do contacto entre o embasamento cristalino e as séries carboníferas no Estado de São Paulo parece-nos decisivo dêste ponto de vista (fig. 2).

Se nos afastarmos da estrada que segue o vale do Tietê, encaixado nos xistos cristalinos, reconheceremos facilmente nas cercanias de Salto



*Abrupto florestal da serra do Mar, visto de Santos.  
Vista tomada da nova via férrea Mairinque-Santos.  
Ao fundo, cascata do ribeiro das Antas, crista  
a cerca de 1 000 m.*



*Abrupto rochoso da alta serra do Mar, perto de Petrópolis.  
Vista de avião. Cumes de 2 000 — 2 200 metros (Castelo, morro de Fagundes  
e Pedra do Sino).*

de Itu a superfície de base dos xistos argilosos, nivelando granitos e gnaisses, que sobe regularmente a partir de 550 m com uma declividade de 1 a 3%, durante uma dezena de quilômetros pelo menos. Acontece o mesmo mais ao norte até Campinas (cortes, fig. 2). O declive é um pouco mais forte na altura de Mogi Mirim. As sondagens feitas para pesquisa do petróleo na base da cuesta dos arenitos de Botucatu, perto de São Pedro e de Bofete, foram levadas até 1 000 e 1 200 m de profundidade sem atingir o Cristalino; deduz-se existir uma declividade média sensivelmente da mesma ordem.<sup>10</sup> Esta superfície pre-permiana (ou mesmo carbonífera) não era sem dúvida uma planície perfeita, e as próprias camadas da série de Santa Catarina não são isentas de ligeiras ondulações;<sup>11</sup> todavia é notável que seu prolongamento ideal para leste venha tocar as primeiras cristas de quartzitos da região cristalina, tanto entre Mogi Mirim e Socorro, como à leste de Campinas ou de Itu.

Assim tudo concorre para convencer que o relêvo apalachiano desempenha um papel essencial na morfologia do Brasil tropical sul-atlântico. Querirá isto dizer, entretanto que a diferença de resistência das rochas explique tudo? E, se não fôr assim, poder-se-á encontrar um princípio que permita discriminar os acidentes diretamente devidos a deformações recentes, dos devidos simplesmente a uma adaptação à estrutura dum embasamento antigo?

Notemos primeiro que a igualdade aproximada da altitude das cristas de rochas resistentes só se realizou em um raio limitado. Uma variação contínua poderia talvez ser explicada pela subida para as antigas cumiadas divisoras de águas; variações bruscas lembram a hipótese das deslocções. Os dois grandes alinhamentos da serra do Mar e da serra da Mantiqueira parecem não poder ser explicados de outro modo.

### Os alinhamentos das serras litorâneas

Sua direção retilínea e paralela à costa não é o único nem mesmo o melhor argumento. Os dois braços do Paraíba, ligados pelo singular cotovelo de Guararema, têm aproximadamente a mesma orientação, que é a de um feixe de pequenos afluentes prolongando-se segundo linhas rígidas (fig. 3). Estas linhas podem ser o vestígio de muito antigos deslocamentos longitudinais favorecendo a incisão dos talwegues, ou podem mesmo seguir afloramentos menos resistentes, mais frequentes do que se imagina na série arqueana: gnaisses de grã fina, gnaisses escuros ricos em biotita e mesmo micaxistos.<sup>12</sup> Mas, quando se trata da serra do Mar e da serra da Mantiqueira, o fato essencial, que seria um erro esquecer, é que elas não representam cristas, mas sim degraus. A predominância de gnaisses menos resistentes ao longo do Paraíba,

<sup>10</sup> A deslocção suposta por MORAIS RÊGO é inteiramente inútil.

<sup>11</sup> Reveladas por sondagens (MORAIS RÊGO, *Notas sobre a geomorfologia de São Paulo*, loc. cit.).

<sup>12</sup> Levantei uma série de afloramentos deste gênero no corte da estrada que atravessa o Paraíba, de S. José dos Campos a Caraguatatuba.

não explica o degrau da Mantiqueira; os micaxistos menos resistentes da série de Minas estão na vertente oposta, 1 000 m mais acima; e é por uma lenta subida que se chega à borda do planalto da serra do Mar (cortes, fig. 2).

O "fôssô do Paraíba" é talvez uma hipótese simples demais. O rio, como os lagos alongados que o precederam no Terciário,<sup>13</sup> parece instalado ao pé de um abrupto tectônico, flexura decomposta em escadaria de falhas marcando a borda de um bloco basculado para o norte, da

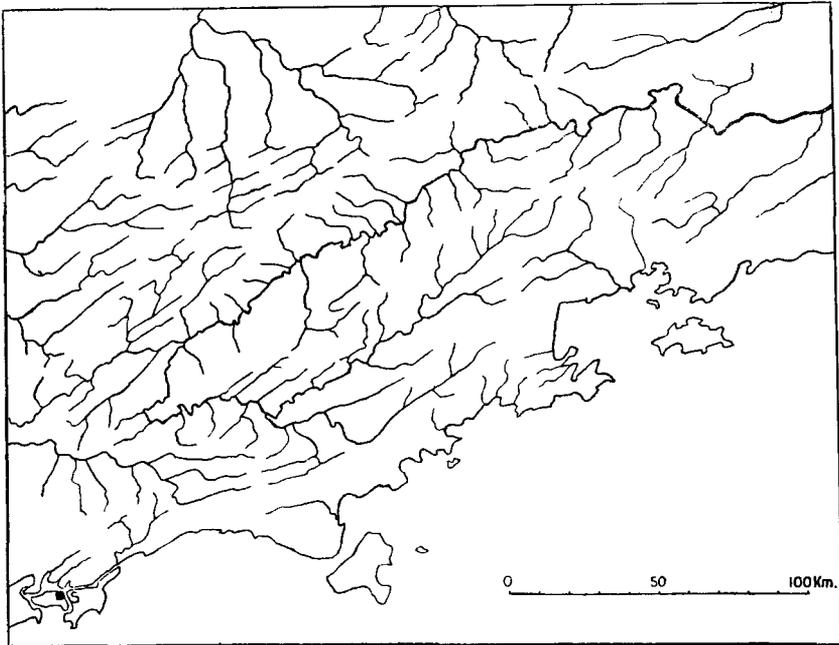


Fig. 3 — Orientação rígida SO-NE da rede hidrográfica na zona litorânea desde Santos (S) até as proximidades do Rio de Janeiro. Escala, 1:2 500 000.

mesma maneira que o bloco da serra do Mar (fig. 4). Esta concepção impõe-se cada vez mais, sempre que se sobe a imponente escarpa da Mantiqueira, seja para Itapeva e Campos do Paraíso (1 900-2 000 m), seja para a alta cúpola da Bandeira, ponto culminante do Brasil (2 854 m) seja para o Itatiaia, menos elevado apenas de alguns metros, (N.R.) mas que forma escarpamentos fantásticos evocando os maciços alpinos. À parte estas Agulhas Negras e alguns cumes em forma de pães de açúcar, o que se encontra nessas alturas, é uma topografia de maturidade: cabeços arredondados e largos vales, às vezes mesmo depressões ("cuvettes") úmidas, ameaçadas de captura pela erosão que ataca as encostas abruptas que descem para o Paraíba (est. XV).

Seria surpreendente que os acréscimos desta vertente sejam, no total, insignificantes, se a linha de separação das águas não tivesse sido

<sup>13</sup> Além da bacia pliocênica figurada na carta geológica ao milionésimo do Estado de São Paulo, uma pequena bacia foi reconhecida em torno de Resende, ao pé do Itatiaia, cuja extensão está exatamente figurada na carta do Itatiaia de RIB. LAMÉGO (citado mais adiante).

NOTA DA REDAÇÃO — De acôrdo com a recente determinação feita pelo Professor ALÍRIO DE MATOS e seus alunos da Escola Nacional de Engenharia, a altitude do pontão da Bandeira é de 2 850 metros, sendo de 2 787 metros a do pico das Agulhas Negras, na serra do Itatiaia (ver artigo publicado no presente número desta REVISTA).

imposta por uma deformação recente. De fato, como na serra do Mar, seja em Santos, seja em Caraguatatuba, seja perto do Rio de Janeiro, em Petrópolis ou em Teresópolis, somente alguns riachos caem em cascatas; todo o resto vai para o interior do continente. Os recuos da borda do bloco, raramente ultrapassando alguns quilômetros, são devidos a ataques da erosão paralelamente ao eixo do desnivelamento. A erosão pode utilizar, quer um dos deslocamentos da superfície flexurada, quer um afloramento de rochas menos resistentes: gnaisses escuros ou micaxistos, como se observa na serra do Mar, perto de Santos, na ravina do Cubatão, ou na Mantiqueira, na ravina de Piracuama, perto de Itapeva; mas é preciso não esquecer que a erosão não o teria podido fazer se o desnivelamento da frente do bloco não lhe tivesse proporcionado o ensejo e que sulcos paralelos a esta frente, relacionados com a estrutura antiga, persistem sob a forma de largos vales maduros no reverso do bloco inclinado para o interior do continente.

Em resumo, estamos em presença de um conjunto de fatos morfológicos que só dão lugar a uma única interpretação, mesmo que sua suposta relação com um acidente tectônico não esteja em toda parte exatamente estabelecida. Nenhuma investigação geológica detalhada atingiu a frente da Mantiqueira,<sup>14</sup> mas, no Distrito Federal, as serras alinhadas aquém da frente da serra do Mar e dominando a enseada, mostraram falhas longitudinais com veios eruptivos.<sup>15</sup> Mais longe, ao norte, na região litorânea da Bahia, as pesquisas geológicas e geofísicas para o petróleo revelaram desnivelamentos consideráveis do Cretáceo, a base antiga afundando-se bruscamente de cerca de um milhar de metros; o próprio Terciário, menos perturbado, é às vezes sensivelmente levantado. É sem dúvida a acidentes do mesmo gênero, aos quais é difícil dar uma referência, na ausência de uma cobertura sedimentar recente, que são devidos os alinhamentos de grandes ilhas aquém da frente da serra do Mar (Santo Amaro, São Sebastião, Ilha Grande, Cabo Frio, etc.).

A ilha de São Sebastião, de fácil acesso e felizmente cartografada pela Comissão de Exploração do Litoral, apresenta-se como um bloco basculado para o continente, cuja frente abrupta está virada para o Oceano (fig. 5). Do lado do canal pouco profundo que a isola, é possível seguir terraços marinhos e níveis de erosão escalonados.<sup>16</sup> Nada de parecido se encontra do lado do alto mar, onde os assaltos das vagas não fizeram mais que avivar, em uma cinquentena de metros, no máximo, os declives das escarpas que mergulham sob as ondas.<sup>17</sup>

<sup>14</sup> A única exceção é a memória de RIBEIRO LAMÊGO, *O maciço de Itatiaia e regiões circundantes* (Serv. Geolog. e Miner. do Rio de Janeiro, Boletim, 88). Mas a região estudada é ocupada pelo batolito de sienito nefelínico do Itatiaia que apaga toda a estrutura e não permite que se localizem as falhas prováveis. A carta que a acompanha está apenas na escala de 1:600 000.

<sup>15</sup> E. BACKHEUSER, *Breve notícia sobre a geologia do Distrito Federal* (An. de Estatística da Cidade do Rio de Janeiro, V, 1926) —

— Ver também B. PAIS LEME, *O tectonismo da Serra do Mar* (An. da Academia Brasileira de Ciências, II, n.º 3, 1930).

<sup>16</sup> O terraço de 20 m é encontrado sobre o continente perto de São Francisco.

<sup>17</sup> Muito notável na Ponta do Boi; a ilha do Cabo Frio foi mais atacada (grutas, cortes verticais e obelisco isolado).

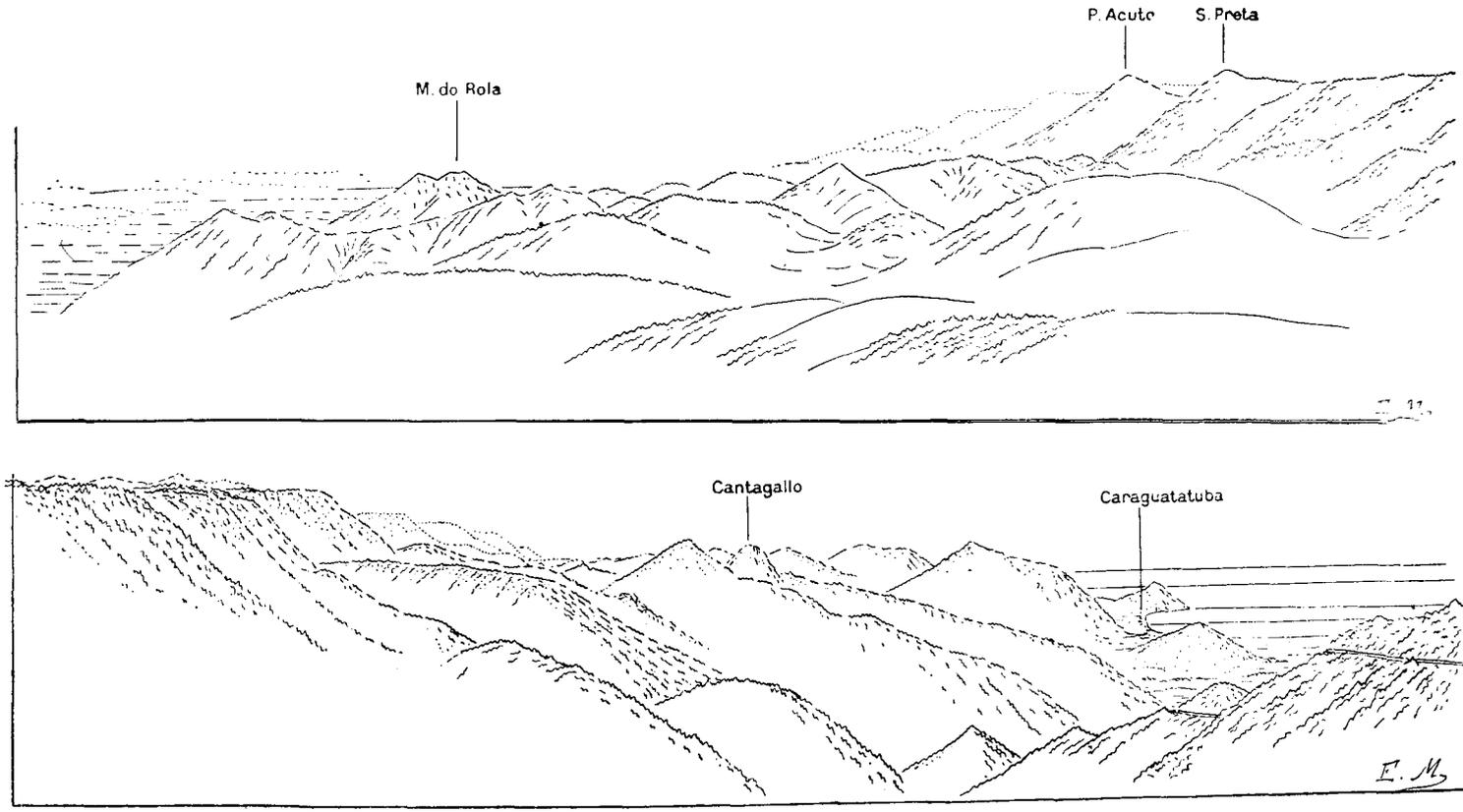


Fig. 4 — Panorama dos dois grandes abruptos florestais de 1 000 m das serras litorâneas.

Em baixo, serra do Mar, vista na direção do NE, da descida para Caraguatatuba. — No alto, serra da Mantiqueira, vista de Itapeva, para SO. — No primeiro caso, o Oceano no sopé da serra, à direita; no segundo, a planície do Paraíba, à esquerda. Nos dois casos, notam-se dois degraus; o degrau inferior é o mais dissecado.

**Relevos apalachianos do interior**

Depois dêste exame das serras litorâneas, formadas pelas partes mais cristalinas e mais antigas do embasamento, se passarmos ao interior do continente, onde dominam rochas menos metamorfizadas e de resistência mais desigual, ficaremos surpreendidos de constatar que a distinção entre os relevos tectônicos e os relevos de adaptação à estrutura torna-se ainda mais delicada. É aí, entretanto, que estão os relevos apalachianos mais característicos. Quando os observamos em certo número de pontos, tendo em mão as cartas de que dispomos, preciosas, apesar de sua imperfeição, é possível encontrá-los, segundo essas cartas, desde os arredores de São Paulo até Belo Horizonte.

São às vêzes verdadeiras cristas monoclinais, mas freqüentemente arestas com vertentes simétricas, cujo traçado não é jamais retilíneo e pode encurvar-se até esboçar uma semi-elipse, sinal de uma dobra cujo eixo se eleva ou se abaixa rapidamente; a altitude sofre aí variações fracas, mas repetidas, pelo desenvolvimento de colos de flanco. Encontram-se também lombadas arredondadas até formar quase que planaltos de altitude uniforme, entalhando camadas duras alteadas, que representam testemunhas evidentes de superfícies de erosão.

O Estado de São Paulo oferece na série de São Roque os exemplos mais notáveis de cristas estreitas, aparecendo geralmente em feixes descontínuos com orientação variável (serras de Japi, por exemplo, atravessadas pelo Tietê). Raramente seu comprimento atinge mais de 5 ou 6 km,<sup>18</sup> às vêzes são reduzidas a um morro isolado, como o Jaraguá, cuja silhueta característica aparece em todo panorama dos arredores da capital paulista. É que os quartzitos, que formam a maior parte das cristas, estão impresados em sinclinais agudas e freqüentemente laminadas. As elevações graníticas com corneanas são também limitadas.



Fig. 5 — Vista panorâmica da ilha de São Sebastião e do canal que a separa do continente, tirada da cidade de São Sebastião. O traço litorâneo desflorestado ao sul de Vila Bela. Notam-se acima dois níveis de cristas cobertas de matas e subhorizontais.

<sup>18</sup> Tivemos freqüentemente que exagerar as suas dimensões na nossa carta morfológica.

As condições são outras no sul de Minas. Cristas mais espessas e mais contínuas aí se seguem em muitas dezenas de quilômetros, sempre com traçados sinuosos; e orientações diferentes aparecem lado a lado. As cercanias de Belo Horizonte são particularmente interessantes (fig. 6).



Fig. 6 — Bloco diagrama das serras do Estado de Minas Gerais, ao Sul de Belo Horizonte  
 Observações: Ib., pico de Itabira; R.V., rio das Velhas; O.P., cidade de Ouro Preto; Ic., pico de Itacolomi; S.O.B., serra do Ouro Branco — Geologia: 1, Gnaisses; 2, Quartzitos; 3, Micaxistos; 4, Série de Itacolomi (cloritozistos, xistos com sericita, calcáreo cristalino).

A nova capital, realmente bem denominada, estende suas avenidas e seus parques ao pé das cristas monoclinais da serra do Curral del Rei, diante dos largos horizontes que se abrem para o norte em virtude do afloramento do embasamento arqueano, cujas suaves ondulações só cessam onde aparecem os planaltos calcáreos da série de Bambuí. O contrário para o sul, onde existe todo um mundo de serras e de gargantas, no meio do qual se desenvolveu a atividade mineira e onde a capital decaída, Ouro Preto, pendura suas ruas estreitas e seu formigueiro de igrejas, numa vertente abrupta cortada de ravinas. O rio das Velhas abre um corte natural; subindo-o, para o sul, tem-se a impressão de uma topografia apalachiana ainda imperfeitamente elaborada, como na Bretanha ou nas Ardenas. Os estrangulamentos, onde a estrada se eleva a mais de 100 m acima do talvegue, correspondem às barragens de quartzitos, particularmente do famoso *itabirito*; <sup>10</sup> os alargamentos dos vales, com terraços, onde se aninham pequenos centros industriais ou comerciais, correspondem aos micaxistos e aos gnaisses profundamente descompostos. Mas as cristas, imperfeitamente desbastadas, se

<sup>10</sup> Quartzito enriquecido por minério de ferro.

esbatem em ondulações confusas, quando vistas de um ponto culminante. Fica-se então surpreendido de ver o horizonte fechado quase de todos os lados por relevos possantes, alongados de preferência de sul a norte. A serra Geral, onde os quartzitos mergulham para leste, assim como a serra da Moeda, que se liga à serra do Cural perto de Belo Horizonte, são cristas maciças, cuja altitude pouco varia ao longo de um traçado ondulado que se prolonga por mais de 20 km. Esse traçado ondulado não permite que se atribua a um deslocamento a depressão da bacia do rio das Velhas. Somos obrigados a ver na discordância das orientações, o indício de dois sistemas de dobramentos antigos e na diferença de altitude, atingindo a mais de 500 m, o sinal de duas superfícies de erosão.

É o que confirma o estudo dos arredores imediatos de Ouro Preto (fig. 6). Vê-se aí a crista da serra Geral desenhar uma volta e seus quartzitos, adquirindo a dureza do itabirito, inclinarem-se sob a forma de lajes para o sul, na vertente em que se encontra a velha cidade. Todos os elementos do relêvo seguem a mesma torsão. Pode-se, entretanto, encontrar aí testemunhas de duas superfícies. A mais alta, que é a mais bem conservada, liga-se uma série de cristas maciças ou de planaltos, principalmente o maciço que barra ao sul o horizontê de Ouro Preto, sinclinal de arenitos micáceos com inversão de relêvo, que é coroado pela ponta em balanço ("en porte-à-faux") do Itacolúmi,<sup>20</sup> que se ergue até 1 797 m, mas também pelas serras de Ouro Preto e do Salto, verdadeiros "crêts" (N.R.) formadas pelas mesmas camadas acima dos gnaisses.<sup>21</sup> A superfície de erosão inferior pertencem os planaltos de gnaiss cujas ondulações se estendem de 1 000 e 1 300 m em direção a Hargreave e Cachoeira do Campo, assim como o triste planalto de xistos sericitosos de Venda Nova; e é nesse mesmo nível que a erosão do rio do Funil esculpe as cristas monoclinaes alinhadas de Ouro Preto para Mariana, seguindo as barras de itabirito e as lentes de calcáreos cristalinos.

Insistimos num exemplo cujo estudo parece demonstrativo. Vê-se que o interior, se não oferece cumes tão elevados e desnivelamentos tão fortes como a zona das serras litorâneas, distingue-se por uma notável variedade de aspectos, orientações variáveis indicando provavelmente numerosos períodos orogênicos e indícios de muitas superfícies de erosão antigas, o que faz supor mais de um recomêço da erosão ("reprise du modelé"). É impossível supor que o domínio das serras litorâneas não tenha sido afetado pelas mesmas vicissitudes.

NOTA DA REDAÇÃO — Denomina-se "crêts" aos topos das escarpas que flanqueiam um "combe", vale escavado pela erosão numa anticlinal, como é comum no relêvo jurássico. (Ver DE MARTONNE — *Traité de Géographie Physique* — 4.<sup>a</sup> edição — pág. 793, 795 e 796).

<sup>20</sup> O itacolúmito típico é um arenito em que a mica é tão abundante que a rocha se decompõe em lamelas flexíveis. O nome de Itacolúmi é dado não somente à ponta abrupta formada por esta curiosa rocha, que se levanta ao sul de Ouro Preto a 1 757 m, mas a uma outra rocha, mais elevada, ao sul de Mariana (1 850 m). Os portugueses as distinguiram pelos nomes de Pedra Menina e Itacolúmi de Mariaza.

<sup>21</sup> Segundo o geólogo F. LACOURT, professor na Escola de Minas de Ouro Preto, cujo obsequioso acolhimento me permitiu uma iniciação rápida, esses gnaisses cobrem, ultrapassando-a, a série com itacolúmitos, a qual por sua vez recobre ("chevauche") a série de Minas inferior (Resumo da geologia da fôlha de Ouro Preto, An. da Escola de Minas, n.º 27, Ouro Preto, 1935).

Depois de ter assinalado os dois principais aspectos do Brasil tropical atlântico, é preciso tentar distinguir as linhas gerais de sua evolução morfológica.

### Superfícies de erosão e movimentos epirogênicos

Numerosos autores assinalaram superfícies de erosão no Brasil tropical atlântico. Para WASHBURNE,<sup>22</sup> a vertente oposta da serra do Mar de Santos é um penepalino típico. HARDER e CHAMBERLAIN<sup>23</sup> vêem nas cristas da serra do Espinhaço, ao nordeste do Estado de Minas, os vestígios de uma penepalície pré-cretácica. MAUL<sup>24</sup> assinala, ao longo do rio Doce, uma série de níveis em andares. PRESTON JAMES<sup>25</sup> distingue duas ou três superfícies a 1 000 m, a 1 400-1 500 m e a 1 700-1 800 m. MORAIS RÊGO<sup>26</sup> considera no Estado de São Paulo uma penepalície eocênica e uma penepalície pliocênica.

Seria certamente pouco verossímil que um velho maciço como o das Brasilidas tivesse escapado a uma usura mais ou menos completa e a novos ciclos de erosão ("reprises d'érosion"). Desde o Devoniano, os produtos de sua ruína não cessaram de acumular-se a oeste e ao norte, parecendo descer de terras hoje desaparecidas, situadas além da zona das serras litorâneas. Os arenitos réticos que formam a cuesta de Botucatu no Estado de São Paulo não constituem sua última testemunha, e, no reverso da cuesta, vê-se aparecerem, a alguns quilômetros de Botucatu, as primeiras testemunhas de uma nova série detritica, os arenitos de Bauru, de idade cretácica, largamente espalhados à medida que se desce para o Paraná (fig. 2).

Das indicações dadas pelos autores, é entretanto impossível ter uma idéia precisa sobre o número, a extensão e as deformações das superfícies de erosão. Nenhum ensaio de representação cartográfica foi tentado a este respeito. É isto que tentamos fazer, utilizando como documentos os estudos locais, fotografias, esboços e cortes, as recordações de viagens rápidas, enfim o exame atento de todas as cartas topográficas na escala de 1:100 000, publicadas pelos Estados de São Paulo e de Minas Gerais.<sup>27</sup>

Acreditamos de início ter identificado de maneira indiscutível a superfície de erosão continental pré-permiana, fossilizada pela formação de Santa Catarina, conforme foi acima referido, nas redondezas de Itu. Ela pode ser seguida no Estado de São Paulo, desbastada numa largura de 10 a 20 km ao longo de uma faixa de 100 km de comprimento no mínimo, até as proximidades do rio Grande. Notavelmente aplainada perto do contacto com a cobertura, ela se eleva para leste, de 600 a 800 m em média, cada vez mais ondulada. Prolongando-se o perfil tangente às mais altas de suas ondulações, chega-se às primeiras cristas apala-

<sup>22</sup> WASHBURNE, *Petroleum geology*, loc. cit.

<sup>23</sup> HARDER e CHAMBERLAIN, *The geology of central Minas Gerais* (Journ. of. Geology, XXIII, 1917).

<sup>24</sup> O. MAUL, *Vom Itatiaia zum Paraguay*.

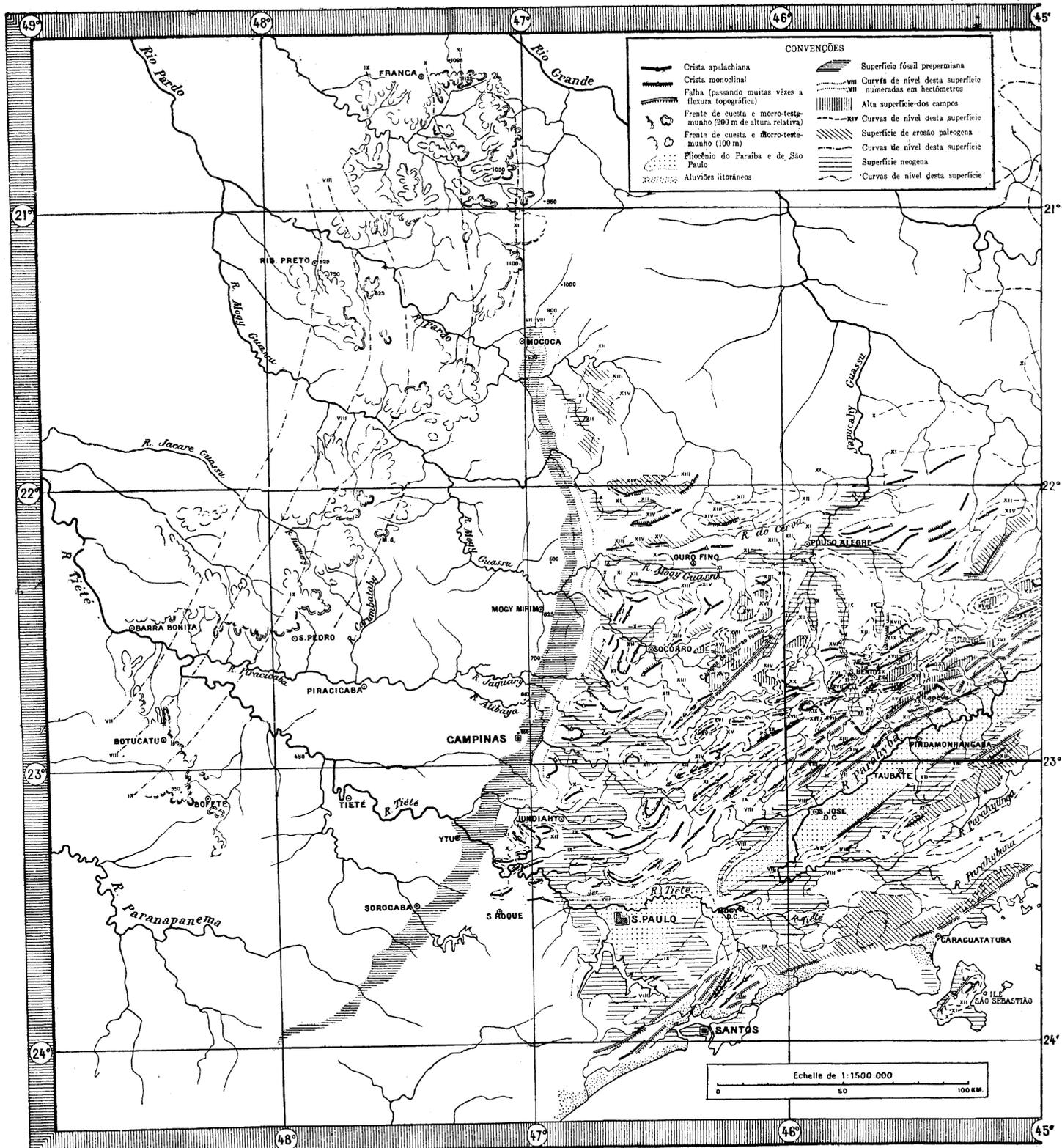
<sup>25</sup> PRESTON JAMES, *The surface configuration of SE Brazil*, loc. cit.

<sup>26</sup> MORAIS RÊGO, *Notas sobre a geomorfologia de São Paulo*, loc. cit.

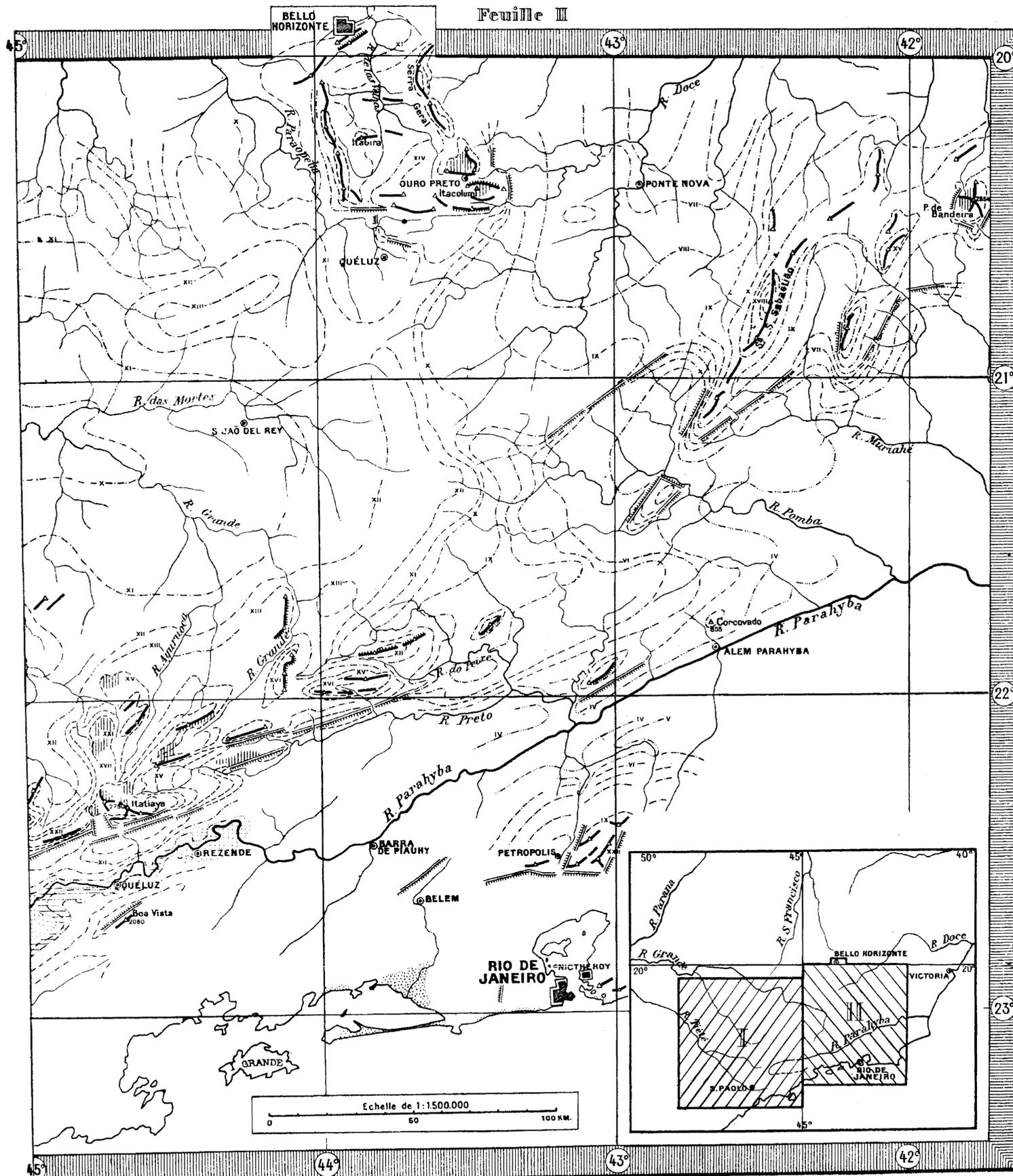
<sup>27</sup> NOSSA carta (Lest. I) resulta da redução fotográfica de 62 cópias ("calques") a 1:100.000. As curvas de nível das diferentes superfícies são cotadas em hectômetros em números romanos.



*Panorama para a frente da cuesta de Botucatu. Vista tomada perto de São Pedro para o Sudoeste. Ruituras de declividade relacionadas com os basaltos. Demnstação da floresta para u extensão das culturas.*



EM. DE MARTONNE



EM. DE MARTONNE

LIBRAIRIE ARMAND COLIN - PARIS

chianas atingindo 1 000 m, como a serra de Cabral à leste de Campinas. Deve-se supor que tôdas as cristas apalachianas derivam desta superfície? Não o cremos. Sem dúvida pode-se admitir que ela está longe de ter sido perfeitamente nivelada, e é certo que foi deformada por movimentos do solo. Entretanto as desigualdades constatadas, lá onde a continuidade da superfície é certa, são bem menores do que as das cristas; querendo-se tocar o nível médio destas, dever-se-ia considerar não um aumento, mas sim uma diminuição da declividade da superfície fóssil.

Por mais interessante que seja a superfície pré-permiana, ela é um caso particular, uma exceção na morfologia do Brasil tropical atlântico. O aspecto mais comum do relêvo no domínio das rochas antigas é o seguinte: colinas onduladas, cortadas por vales com uma centena de metros de profundidade e dominadas por cristas ou escarpas. A altitude média das colinas aparece singularmente uniforme em uma região determinada, a das cristas ou das escarpas é muito mais variável, mas estas variações são, ora muito bruscas ao longo de traçados retilíneos, ora muito lentas. Encontrando-se êste esquema em um certo número de panoramas, seja ao norte de São Paulo, seja no alto Paraíba, seja nas redondezas de Belo Horizonte, Ouro Preto, e mais ao sul no Estado de Minas; reconhecendo-o por tôda parte quando se inspecionam as cartas — por pouco expressiva, entretanto, que aí seja em geral, a representação da topografia —, não se pode escapar à conclusão de que o maciço antigo do Brasil tropical atlântico guarda a marca de dois modelados da erosão levados até à maturidade.

Esta maturidade das formas é às vêzes tão evidente em altitudes superiores a 1 500 m, como em altitudes mais humildes, não ultrapassando geralmente 1 000 m. Os *campos* da zona das serras não são apenas alturas deflorestadas, mas regiões de topografia ondulada com solo profundo, com largos vales, suspensos acima de colinas onduladas, das quais os separam grandes abruptos e vales relativamente estrangulados. É surpreendente ver do alto de um cume da Mantiqueira, como o Itapeva, a floresta subir ao longo dos entalhes estreitos que ultrapassam a borda da escarpa, começando a morder as relvas onduladas dos campos (est. XV). O que vimos a êsse respeito nos Campos de Jordão, nos Campos de Paraíso, a carta no-lo mostra, e acreditamos poder notá-lo também nos Campos de Ribeirão Fundo, ainda mais extensos, a leste de Socorro, e em muitos outros pontos.

Esta “superfície dos campos”, como quereríamos chamá-la, é entretanto bastante limitada. É antiga, se bem que, sem dúvida, mais recente que a superfície pré-permiana. Seus limites podem ser escarpas retilíneas, como a frente da Mantiqueira ou a dos Campos de Ribeirão Fundo, ao pé dos quais se alinham o alto Jaguari, afluente do Tietê e o rio Itaim, afluente do Sapucaí, escarpas geralmente voltadas para o sul ou o sudeste e que são evidentemente as bordas falhadas ou violentamente flexuradas de blocos basculados. Do lado do norte e do oeste, é geralmente num contôrno recortado e menos preciso que a alta super-

fície dos campos se interrompe. Frequentemente ela se adelgaça e passa a cristas arredondadas, alongadas no mesmo sentido que os grandes abruptos, de SO a NE. As vezes aí se insinuam vales de 200 a 300 m de profundidade, mas de secção larga e dilatada ("évasée"), como as cabeceiras do Sapucaí, tributário do rio Grande, que sobem até a crista principal da Mantiqueira, ou as do Mogi-Guaçu, cujas águas vão ao Paraná pelo oeste.

Trata-se evidentemente de um degrau de erosão, cuja altura sempre ultrapassa 200 e pode atingir 400 a 500 m. Abaixo desta altitude, encontram-se raramente alturas comparáveis aos campos típicos, salvo, talvez, no alto rio Pardo, particularmente nas redondezas de Poços de Caldas, onde os ciclos recentes de erosão tiveram dificuldade em atacar um maciço sienítico. O que domina é a paisagem das colinas mamelonares dominadas por cristas curtas com orientações variáveis, mas de altitudes assaz constantes; é raro que um panorama de uma cinquentena de quilômetros de raio aí revele diferenças locais de mais de 200 m. Elas sobem regularmente de 1 000-1 100 m a 1 300-1 400 m, seja para o sul, afastando-se do rio Grande, seja para leste, afastando-se da zona em que aflora a superfície pré-permiana. Esta última superfície apareceria cortada novamente por aquela, na qual a erosão, recomeçando, retalhou cristas de rochas duras, e compreende-se que ela tenha desaparecido na maior parte do maciço antigo. A "superfície das cristas médias", prolongada para o oeste, passaria acima do contacto com a cobertura permo-triássica, e fica-se tentado em concordá-la com a frente da cuesta de Botucatu, que atinge frequentemente 900 m (fig. 7). Trata-se, com tóda verossimilhança, de uma superfície de erosão terciária mas não, como alguns parecem ter pensado,<sup>28</sup> de uma superfície pliocênica.



Fig. 7 - Relação das diferentes superfícies. Corte ideal O-E. P, Superfície pré-permiana - C, Superfície de Campos - E, Superfície das cristas médias (Eocénico). - N, Superfície neogenica.

É preciso levar em conta, com efeito, numerosos fatos importantes: a existência dos profundos entalhes que assinalamos nas elevações formadas pela superfície de campos, o largo desenvolvimento de colinas onduladas, que as cristas dominam, enfim, a extensão geral de uma topografia amadurecida, cujos pontos baixos estão recobertos por sedimentos pliocénicos continentais no alto Tietê e no médio Paraíba.

Descendo os diversos braços do alto Sapucaí, por exemplo, não é ao nível das cristas médias que se chega, mas sensivelmente mais abaixo; emoldurados por patamares, depois cada vez mais largos, com fundo chato e pantanoso, para as bandas de Pouso Alegre, os vales são apenas entalhados de uns 100 m, num labirinto de colinas, que não ultrapassam

<sup>28</sup> BRANNER, WASHBURNE, MAUL, MORAIS RÊGO, etc.

900 a 1 000 m. A mesma aparência é encontrada quando se desce para oeste, ao longo dos dois rios Mogi, do Jaguari ou do Atibaia, cabeceiras do rio Piracicaba, ou mesmo ao longo do rio Jundiá. Dêste lado, o nível de colinas mamelonares parece perder-se ou confundir-se com a superfície pré-permiana que êle entalha nas suas partes mais altas, enquanto que permanece acima de suas partes mais baixas (fig. 7). Parece que as duas superfícies podem ser distinguidas bastante claramente nas cercanias de Jundiá. Ao sul desta pequena cidade a estrada de São Paulo se insinua através de um relêvo muito fragmentado, mas no qual se distingue facilmente, do alto de um mirante bastante alto, o nível das colinas mamelonares, prolongando-se para o sul até as proximidades do Jaraguá, que o domina a mais de 200 m. Neste lugar, São Paulo está à vista. Daí se chega até o bordo da escarpa da serra do Mar, sem encontrar altitudes superiores a 800-900 m, salvo em alguns pontos.

Não é possível ter-se dúvida sobre a surpreendente maturidade da topografia em torno da antiga bacia lacustre, cujos depósitos argilo-arenosos formam o solo da capital paulista e todos os autores a consideram como formada no Neogêneo.

Todos estão de acôrdo em estender as mesmas conclusões a quase toda a bacia média do Paraíba, onde as formações pliocênicas são ainda mais extensas. A dissecação mais avançada dêste lado explica-se facilmente pelo vigor de um rio que desemboca diretamente no Oceano, e cujo vale, largamente escavado nas argilas lacustres, está a 150 m abaixo do do Tietê. Por aí se explica também a captura, há muito assinalada,<sup>29</sup> dos dois braços superiores do antigo Tietê, o Paraibuna e o Paraitinga. Na ausência de cartas de 1:100 000, é difícil distinguir o que pode restar de uma topografia mais antiga que o Neogêneo. Altura ultrapassando 1 000 m, como a serra de Quebra Cangalha, e mesmo 2 000 m, como o maciço de Boa Vista (2080) que fica em frente ao Itatiaia, parecem entretanto indicar que o ciclo de erosão neogênica não fez desaparecer todos os vestígios dos movimentos do solo que afetaram as superfícies anteriores.

**Primeiras conclusões** Depois desta análise chegamos à noção de três superfícies de erosão, além da superfície pré-permiana. A mais recente, cuja idade neogênica é bem determinada, tem o seu maior desenvolvimento na bacia do Paraíba e no alto Tietê, onde ela foi ligeiramente empenada ("gauchie") e sobretudo notavelmente reduzida pelo desabamento que fez chegar o Oceano ao pé do degrau tectônico da serra do Mar. A ela pode-se ligar, a oeste e ao norte, o nível das colinas onduladas que recorta a superfície pré-permiana, e não parece ter sofrido perturbações notáveis. As cristas apalachianas que a dominam são as testemunhas de uma superfície mais antiga, que parece poder concordar-se com a cuesta de Botucatu e seria devida a

<sup>29</sup> Desde WOODWORTH (*Expedition to Brazil and Chile*, Bul. Mus. of comparative Zool., Harvard University, LVI, 1912), que definiu de modo breve e muito exatamente as suas aparências (págs. 106-107), essa captura foi muitas vezes descrita, sem que nada de novo se trouxesse. Todos estão de acôrdo em recuá-la até ao Quaternário antigo.

um ciclo de erosão paleogênica. Recortando o prolongamento ideal da superfície pré-permiana, ela parece ter sofrido um levantamento geral para o sudeste e deslocamentos orientados para SO-NE ou E-O. É impossível não distingui-la da alta superfície de campos, violentamente fraturada na Mantiqueira, certamente mais antiga, mas cuja idade é ainda duvidosa.

Estas conclusões são tiradas do exame do maciço antigo no Estado de São Paulo até aproximadamente o meridiano de 45° (fôlha oeste de nossa carta), isto é, da região mais complicada, e por isto mesmo a mais interessante e felizmente a mais bem conhecida. É necessário completá-las considerando de um lado o que se passa mais a leste, na parte do Estado de Minas em que dispomos de cartas topográficas e estudos geológicos, e de outro lado o que está a oeste da cuesta de Botucatu, cujas relações com o maciço antigo devem ser precisadas.

### **As superfícies de erosão e suas deformações no sul do Estado de Minas**

Pela estrada de rodagem ou pela via férrea, a viagem da Capital Federal à capital do Estado de Minas dá a princípio a impressão de uma rude região de montanhas.

Trata-se de escalar sucessivamente a escarpa da serra do Mar, excepcionalmente elevada acima da enseada do Rio de Janeiro, depois a da Mantiqueira que atinge quase 2 800 m no Itatiaia. Razão de mais para ficar-se surpreendido com a monotonia das paisagens que se desenrolam em seguida até as proximidades de Belo Horizonte; impressão mais viva ainda numa viagem por avião, onde o corcoveamento confuso das colinas se segue a perder de vista. As cartas de 1:100 000 permitem precisar isso melhor. Aí se encontram novamente as mesmas formas incaracterísticas, com altitudes variando raramente de mais de 100 m na extensão de uma fôlha.<sup>30</sup>

Esta uniformidade pode ser atribuída à extensão do embasamento gnáissico. Com efeito, os relevos acentuados que se encontram a partir de Queluz em direção a Ouro Preto e Belo Horizonte são formados por micaxistos, xistos sericitosos e quartzitos das séries metamórficas de Minas e de Itacolúmi.

Entretanto as mesmas séries, aparecendo ao sul de São João del Rei, mal interrompem a monotonia do relêvo. Traçando as isoipsas segundo as cotas dos pontos mais altos, fica-se surpreendido ao vê-las alinhar-se, sem hesitação possível, normalmente aos cursos d'água. É preciso admitir que se trata de uma superfície de erosão desenvolvida numa muito grande extensão, em condições notáveis de estabilidade. É isto que nos leva a colocar de preferência essas formas muito evoluídas no Terciário antigo, em vez de no Plioceno; mas é possível que sua elaboração tenha continuado, cada vez mais lentamente, até a época atual, na bacia superior do rio Grande, até a orla das serras onde está sua nascente e até a linha divisora das águas com o rio Doce ou com o rio São Francisco.

<sup>30</sup> A carta de 1:100 000 do Estado de Minas, inferior à do Estado de São Paulo na expressão do relêvo, é-lhe, entretanto, superior pela abundância de cotas, que não deixa nenhuma dúvida sobre nossas conclusões.

Se os relevos acentuados da região mineira de Ouro Preto-Belo Horizonte resistiram ao aplainamento geral, sua constituição geológica teve nisso certamente o seu papel; não se poderia duvidar disso ao constatar-se a importância que tem aí o itabirito. Mas a análise do terreno nos mostrou aqui orientações tectônicas e escalonamentos de superfícies, indicando uma história perturbada. Entramos num domínio novo, em que a estabilidade da plataforma do rio Grande não é mais a regra, e onde, por outro lado, se manifestam orientações que são desconhecidas ou muito raras nas serras litorâneas de S. Paulo. Os dobramentos da série metamórfica de Minas se alinham segundo a direção N-S; pode-se atribuir a movimentos póstumos, a dobras de fundo ("plis de fond") da mesma direção, a alternância de altitudes e depressões que nossa carta revela: levantamento da bacia superior do rio das Velhas, abatimento da bacia superior do rio Doce, rugas paralelas da bacia superior do rio Muriaé, cujos pontos mais altos são a serra de São Sebastião e o maciço da Bandeira.

Sem permitir certa precisão, as cartas ao milionésimo e o esboço geológico do Estado de Minas na mesma escala<sup>31</sup> permitem prever que este regime é o que domina mais ao norte, em 4 ou 5 graus de latitude pelo menos, em toda a bacia superior do rio São Francisco. Um exame rápido do sul do Estado de Minas permite pois, completar com felicidade o que ensina a análise do relevo e da estrutura do maciço antigo do Estado de São Paulo.

Convém agora voltar à borda ocidental e às suas relações com a cuesta de Botucatu.

**A cuesta de Botucatu** A existência de um degrau de erosão cuja frente está voltada para o maciço antigo, correspondente ao bordo das chapadas formadas pelo capeamento do maciço antigo do Brasil oriental, foi em boa hora assinalada, e os morros de encostas abruptas — outrora uniformemente cobertos de floresta, agora quase por toda a parte desflorestados para acolher as plantações de café, que não cessam de atrair as atenções na estrada de São Paulo para o norte até o rio Grande —, foram descritos e corretamente interpretados como as testemunhas de uma grande cuesta, particularmente por MAUL e por MORAIS RÊGO. Todavia, continuava a ser difícil conceber a natureza desta cuesta e suas relações com o maciço antigo, na ausência de qualquer figuração exata de seu traçado numa escala que permitisse uma visão de conjunto.<sup>32</sup> Nossa carta (fôlha I) dá este traçado para toda a extensão em que dispomos de cartas de 1:100 000. Pode-se dela tirar imediatamente uma série de conclusões interessantes. A cuesta é em toda parte extremamente recortada, evidentemente graças aos numerosos vales conseqüentes, quase todos ainda com sua função

<sup>31</sup> Mapa geológico do Estado de Minas Gerais organizado por DJALMA GUIMARÃES e OTÁVIO BARBOSA, 1:1 000 000, Belo Horizonte, 1934.

<sup>32</sup> Pode-se ser tentado a procurá-la na carta geológica ao milionésimo do Estado de São Paulo. Infelizmente as divisões estratigráficas são aí concebidas de tal forma que o traçado da cuesta fica completamente confuso.

normal. O Jacaré Guaçu, afluente do Tietê parece o único a ter sido decapitado por uma (ou numerosas) cabeceira do rio Corumbataí, de traçado obsequente.

Entretanto a cuesta recuou fortemente, particularmente ao sul, onde sua frente está a 120 km da borda do maciço antigo; e, como é normal, é dêste lado que ela é mais recortada, o vale conseqüente do Tietê formando um triângulo cuja altura atinge 70 km. A frente da cuesta se aproxima cada vez mais da borda do maciço antigo, para o lado do norte. Perto de Mococa, só é separada desta por uma quinzena de quilômetros. Se sua altitude absoluta se elevou de cêrca de 150 m, sua altitude relativa diminuiu de mais da metade e os vales conseqüentes, que descem pela contravertente da cuesta, sobem cada vez menos para além da frente, quando se vai até Franca.

Todos êstes fatos demonstram, sem dúvida alguma, que se trata de um relêvo de erosão desigualmente evoluído, quer pela altitude mais forte do embasamento antigo para o norte, quer pela espessura maior da cobertura para o sul. Com efeito, a série detrítica permo-carbonífera, cujos xistos argilosos permitiram o largo desenvolvimento de uma depressão com formas suaves, desaparece entre Mococa e Franca;<sup>33</sup> sua espessura e sua complexidade aumentam para o sul, onde os geólogos distinguem numerosos andares: os arenitos de Passa Dois, que superam o Glaciário pròpriamente dito, tornados mais resistentes pela existência de sílex, são capazes de dar em alguns lugares indícios de cuesta.

A própria cuesta não é exatamente comparável aos exemplos conhecidos na Europa, onde se reconhece uma camada resistente (comumente calcárea) ao longo da cornija que coroa a frente. Os arenitos réticos não são, por si próprios, uma rocha muito dura. É a derrames de basaltos antigos, aparecendo em numerosos níveis, mas sobretudo desenvolvidos no tôpo da série, que elas devem o fato de poder dar encostas bastante íngremes. Assinalaram-se endurecimentos locais por metamorfismo no contacto das chaminés; mas trata-se, nesse caso, de detalhes, em comparação com os lençóis eruptivos largamente estendidos. Entretanto, a continuidade dêsses lençóis está longe de ser perfeita. Os panoramas que se desenrolam de um ponto culminante da cuesta, quer para Botucatu, quer para São Pedro, quer mais ao norte, mostram sempre diferenças notáveis no aspecto dos promontórios da cuesta; ora uma só cornija, ora numerosos patamares, cuja correspondência a outros tantos lençóis basálticos é fácil de verificar-se (est. XVI).

Essas condições estruturais certamente contribuíram fortemente para a fragmentação da cuesta. Parecem principalmente poder explicar seu desdobraimento na região de Ribeiro Preto — Franca. Entretanto é impossível atribuir-lhes o aspecto geral do traçado, que resulta do recuo, mais ou menos rápido e do desenvolvimento maior ou menor dos vales conseqüentes segundo a inclinação das camadas.

<sup>33</sup> Mais além da região levantada em 1:100 000, (isto é, fora do quadro de nossa carta), a carta geológica ao milionésimo do Estado de São Paulo assinala o afloramento dos gnaisses no vale do rio Grande, diretamente recobertos pelo rético.

É ainda esta inclinação que convém considerar, ao mesmo tempo que a do próprio planalto, se se quer precisar as relações da cuesta com o maciço antigo. Segundo nossas medidas barométricas nos arredores de Botucatu e de São Paulo, a declividade da superfície dos basaltos, que formam a contravertente da cuesta na vizinhança da frente e dão, por sua decomposição, a famosa terra roxa, não é inferior à da peneplânie fóssil pré-permiana e dos arenitos ou xistos da série de Santa Catarina (5 p. 1 000), mas sensivelmente mais forte do que a do planalto, determinada segundo as cartas topográficas de 1:100 000 sôbre uma extensão bastante grande (0,75 p. 1 000). O planalto deve ser considerado como uma superfície de erosão posterior ao Cretáceo (arenito de Bauru), estabelecida em relação com o lago eocênico cujos depósitos se encontram perto do Paraná. É apenas na borda da cuesta que a espessura reduzida do arenito de Bauru permitiu o desbastamento da superfície estrutural dos basaltos. É pois evidente que se, prolongando-se o aclave do planalto para leste, chega-se ao nível de cristas apalachianas a cerca de 1 200 ou 1 300 m (fig. 7), a superfície de erosão assim determinada só pode ser de idade paleogênica.

Este resultado justifica a classificação dos níveis que propusemos e permite formular as seguintes conclusões gerais sôbre a evolução morfológica da parte do Brasil tropical atlântico que estudamos.

**Conclusões gerais** Procurando precisar as relações do relêvo com a estrutura, podemos distinguir no maciço antigo muitos domínios diferentes: 1.º) O das serras litorâneas, onde a orientação SO-NE do relêvo e da rêde hidrográfica corresponde à das camadas de gnaiss, mas onde os grandes desnivelamentos são devidos a um jôgo de blocos deslocados por falhas ou flexuras que desposaram as direções das antigas dobras e estão voltadas o mais freqüentemente para o Oceano; o reverso dos blocos oferece, em altitudes elevadas (1 500 a 2 000 m), uma topografia de maturidade, cuja idade, sem dúvida bastante antiga, parece ser difícil de fixar;

2.º) O domínio da série metamórfica (de São Roque no Estado de São Paulo, correspondendo sem dúvida à série de Minas no Estado do mesmo nome), caracterizado por cristas de rochas duras descontínuas e de orientação variável. No conjunto poder-se-ia aí reconhecer feixes de dobras menos rígidos formando uma virgacão (N.R.) ("virgation") caracterizada entre o bordo ocidental do maciço antigo e a aresta principal da Mantiqueira. A altitude dessas cristas varia entretanto, em geral, de maneira demasiado contínua para que não se seja obrigado a aí ver cristas apalachianas, testemunhas de uma superfície de erosão, que aliás parece localmente conservada sob a forma de alturas onduladas, ao norte do grande sulco E-O seguido pelo alto Mogi-Guaçu e por dois afluentes do Sapucaí;

---

NOTA DA REDAÇÃO — O termo "virgacão" ("virgation"), empregado por EDUARDO SUSS em sua obra *A Face da Terra (Das Antlitz der Erde)*, designa o traçado dum feixe de dobras cujas direções divergem, encurvando-se, à maneira das hastes de um ramallete (Tomo 1.º, pág. 356 da edição francesa, tradução de EMMANUEL DE MARGERIE). A palavra entrou rapidamente na linguagem geográfica internacional. (F. R.).

3.º) O domínio da plataforma do alto rio Grande, vasta extensão de relêvo ondulado, elevando-se insensivelmente de 1 000 a 1 200-1 300 m, que parece ter gozado de uma estabilidade excepcional, a maturidade do relêvo tendo sido perpetuada desde o Terciário ou mesmo do Cretáceo.

4.º) Nós reconhecemos nas cabeceiras do rio Doce e do rio das Velhas o comêço de um novo domínio, onde a série de Minas está afetada por dobras com o eixo na direção N-S, cuja orientação se manifesta em pesadas cristas bastante contínuas, formadas por quartzitos, e onde dobras de fundo, de idade relativamente recente, mas da mesma orientação, dão uma alternância de depressões, que reproduzem num nível inferior o modelado da plataforma do rio Grande, e de serras relativamente audaciosas até à massa culminante da Bandeira (2 890 m).

5.º) Enfim, estabelecemos de maneira certa a existência no Estado de São Paulo de uma superfície de erosão fossilizada pela série detrítica continental, chamada de Santa Catarina. Sua extensão pode ser precisada numa faixa de 10 a 20 km de largura e 200 km, no mínimo, de comprimento. Sua declividade é em tôda parte mais forte que a da superfície de cristas apalachianas que recortariam seu prolongamento para leste. Ela ultrapassa ainda mais a rampa da superfície suavemente ondulada, acima da qual se elevam essas cristas em tôdas as bacias dos afluentes do Paraná; superfície esta que se encontra mais largamente desenvolvida na direção de São Paulo e da bacia superior do Paraíba;

6.º) Somos, pois, conduzidos a distinguir quatro superfícies de erosão. A única cuja idade está fixada sem que haja dúvidas, aflorando apenas numa faixa estreita, é não obstante preciosa pelo corte que ela faz em duas superfícies necessariamente mais recentes, que são separadas por 200 a 300 m em geral. A mais baixa é indicado assinalar uma idade neogênica, dada a sedimentação continental pliocênica que à mesma está ligada, no Paraíba e no alto Tietê. Quanto à mais elevada (superfície das cristas), pode-se pedir sua idade a uma ligação hipotética com a frente da cuesta de arenitos réticos guarnecidos de basaltos, que se levanta além de uma grande depressão escavada nas camadas menos resistentes da série de Santa Catarina. A declividade das camadas sendo da mesma ordem que a da superfície pré-permiana, o prolongamento da superfície das cristas que vêm aflorar na frente da cuesta corta o Cretáceo e vem concordar com o Terciário do Paraná.

Resta a alta superfície dos campos, cuja idade nada permite fixar. Duas hipóteses poderiam ser consideradas: ou bem a superfície esteve, no Cretáceo, em relação com o arenito de Bauru, sendo a superelevação devida aos movimentos terciários; ou bem êle derivaria da superfície pré-permiana, cujo declive diminuiria para o centro de um abaulamento.

Tais são as conclusões às quais nos parece conduzir o exame dos fatos conhecidos no raio que nos foi acessível e na extensão em que cartas topográficas de 1:100 000 permitem uma análise relativamente precisa. Não dissimulamos as fraquezas que poderão aparecer numa tal construção, quando os conhecimentos geológicos tiverem progredido suficientemente e quando os levantamentos topográficos tiverem coberto



*Panorama tomado do Itapeva (1 980 m) para os altos vales maduros da serra da Mantiqueira. À direita, floresta com araucárias, na bacia onde nasce o rio Piracuama, do qual se advinha o brusco mergulho numa garganta que entalha o abrupto. À esquerda, começo de formação de ravinas, a mata sobe em cada talvegue. Campos nos dorsos arredondados.*

regiões ainda desconhecidas nos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Se entretanto, à luz dêste ensaio de síntese, não se teme lançar um olhar para além das regiões por ela diretamente interessadas, poder-se-ia esboçar mais ou menos da seguinte forma a evolução do maciço antigo do Brasil tropical atlântico.

Êste antigo embasamento, que se manteve insensível aos dobramentos desde o Primário, como os outros testemunhos das grandes massas continentais gondwânicas, tem todavia seu relêvo muito diferenciado, onde se reconhecem os vestígios de uma história com numerosos episódios. Os mais antigos não são desprezíveis, pois a lei do rejuvenescimento, imposta por movimentos de conjunto, sempre foi o desbastamento, por erosão, das massas resistentes, orientadas pelos dobramentos anteriormente apagados; e os próprios movimentos de conjunto produziram tensões, resolvidas por deslocamentos cuja orientação acompanhava a da tectônica antiga.

A localização dos gnaisses e micaxistos, certamente anteriores ao Primário, também tem sua influência no domínio das serras litorâneas. Os feixes de dobras do Primário metamórfico se revelam ainda nas cristas apalachianas. Entretanto a tendência geral parece ter sido para uma inversão das primitivas relações de altitudes. O embasamento gondwânico se inclinava para o norte e para o oeste como a superfície fóssil pré-permiana e se estendia largamente para leste, no lugar do atual Oceano. Seu fracionamento começou já no Cretáceo, cujos depósitos marinhos estão na Bahia; mas, nas regiões aqui estudadas, é para a área de abatimento do Paraná que ainda se dirigiam a drenagem e o aluvionamento. A superfície de erosão dos campos, qualquer que seja a solução que se adote para sua idade, existia quando o abaulamento se acentuou no que deveria ser a zona de serras litorâneas. O rebordo da Mantiqueira podia já ter sido esboçado no princípio do Terciário, talvez mesmo a fratura da frente oriental dos Campos de Ribeirão Fundo. Foi preciso entretanto um longo período de tranqüilidade para que se realizasse a vasta plataforma de erosão do rio Grande. A cuesta dos arenitos réticos, se já estava esboçada, encontrava-se nesse momento notavelmente a leste da posição atual. O momento decisivo é o Neogêneo. É então que a dobra de fundo se exalta, na zona de serras litorâneas, divide-se em dobramentos, ondulações e tem como resultado fraturas alinhadas. A frente da Mantiqueira é claramente desenhada; no seu sopé se alinham os lagos do Paraíba e do alto Tietê. A erosão faz desaparecer a superfície paleogênica cujas cristas apalachianas permanecem como testemunhos, e desenvolve uma nova superfície que se encontra em muitos lugares no interior e se estende quase que até o abrupto da serra do Mar. No Quaternário, o jôgo dos blocos está quase terminado; o embasamento antigo desce para a fôssa atlântica por três degraus, dos quais o último está recoberto pelas ondas do Oceano.

Dêste momento data também o grande recuo da cuesta dos arenitos réticos para oeste e as capturas evidentes sôbre sua frente; o afloramento da superfície fóssil pré-permiana mudou de lugar, pois, enquanto que a

erosão atacava suas partes mais altas a leste, desbastava uma nova faixa a oeste. É enfim a partir do Plioceno e principalmente no Quaternário que se desenvolveu a ofensiva da drenagem direta para o Oceano. Seria surpreendente, se fôsse de outro modo, que as áreas ganhas pela bacia do Paraíba não fôsem mais substanciais. O grande abrupto da Mantiqueira permanece intacto, e os afluentes da margem esquerda do grande rio só ganham terreno, com os rios Pomba e Muriaé, lá onde o degrau, contínuo desde as nascentes do Atibaia até as do rio Grande, se divide (como o mostra nosso mapa, fôlha II) em numerosas flexuras de amplitude relativamente reduzida; ainda há a levar em conta o rio Doce, favorecido êle próprio por uma penetração profunda da subsidência atlântica. A captura dos antigos braços orientais do alto Tietê (Paraitinga e Paraibuna) pelo Paraíba é a mais espetacular vantagem alcançada; tudo contribuía para torná-la inevitável: não sômente as facilidades oferecidas para a erosão atlântica pelo Plioceno, outrora mais extenso, mas também as dificuldades que encontrava o Tietê para atravessar, ao sul de Jundiá, as cristas apalachianas, persistindo em seguir um traçado antigamente fixado sôbre a superfície paleogênica e que não mais corresponde às condições atuais.

\*

## RESUMÉ

L'Auteur est Professeur de géographie à la Sorbonne — Directeur de l'Institut de Géographie de l'Université de Paris et Secrétaire général de l'Union Géographique Internationale.

Après avoir souligné l'adaptation apalachienne de l'hydrographie à la direction générale Sud-Ouest — Nord-Est des bandes gneissiques plissées qui forment le socle des serras littorales (Serra do mar et Mantiqueira), M. DE MARTONNE montre que les grandes dénivellations sont dues à un jeu de blocs disloqués par des failles ou des flexures, qui sont orientées comme les anciens plis, et qui ont leur versant abrupt vers l'Océan tandis que sur leur revers, en pente douce vers l'intérieur, entre 1 500 et 2 000 ms. s'observe une topographie de maturité avancée. L'âge de cette surface des Campos, comme on peut l'appeler, semble difficile à fixer. On peut envisager qu'elle a été en rapport avec les grès de Baurú, la sur-élévation étant due aux mouvements tertiaires, ou qu'elle dérive d'une autre surface d'érosion prépermienne dont la pente diminuerait vers le centre d'un grand bombement.

Il existe en effet dans l'Etat de Saint-Paul une surface d'érosion fossilisée par la série détritique continentale du système de Santa Catarina, ce qui conduit à lui attribuer un âge prépermien. Elle s'étend sur une bande large de 10 à 20 km et longue de 200 km au moins. Sa pente est forte et, si on la prolonge vers l'Est, elle passe au-dessus du niveau des crêtes apalachiennes.

D'autre part, dans les séries plissées métamorphiques algonkiennes de Minas et de São Roque, l'érosion différentielle a laissé en saillie des bandes de roches dures d'altitude si peu variable qu'on doit y voir des crêtes apalachiennes témoins d'une autre surface d'érosion qui recoupe la surface prépermienne et est par conséquent plus récente. Dans le haut Rio Grande, une plateforme d'une stabilité exceptionnelle s'élève insensiblement de 1 000 à 1 200-1 300 m. Elle développe un relief de maturité sans doute depuis le Tertiaire ou même le Crétacé.

Cette "surface des crêtes moyennes" est peut-être liée, en effet, au front des grès rhétiens, elle recouperait le Crétacé et viendrait se raccorder au Tertiaire du Paraná, ce qui lui donnerait un âge paléogène.

Enfin une quatrième surface mollement ondulée s'observe dans les bassins des affluents du Paraná et se retrouve plus largement développée encore autour de Saint-Paul et dans le bassin supérieur du Paraíba. Elle se tient à 200 ou 300 m environ au-dessous de la surface paléogène et, en raison de la sédimentation continentale pliocène du Paraíba et du haut Tietê, il est logique de lui attribuer un âge néogène.

Ainsi M. DE MARTONNE est amené à distinguer quatre surfaces d'érosion, ce qui suppose de longues périodes de stabilité.

Les mouvements importants datent du néogène ou des plis de fond affectent le socle ancien, produisant dans le domaine du Rio Doce et du Rio das Velhas une alternance de dépressions et de bombements orientés N-S, comme les plis de la série métamorphique de Minas Gerais et s'exaltant dans le massif de la Bandeira.

C'est au même mouvement qu'il faut attribuer l'exaltation de la Mantiqueira et de la serra do Mar dont les fronts orientaux se divisent et aboutissent à des flexures et des failles alignées. Au Quaternaire, à la fin de ces mouvements, le socle ancien descend vers l'Océan en trois gradins dont le dernier est partiellement submergé.

Le travail de l'érosion s'intensifie avec les mouvements du sol du Néogène. Modelés par les affluents du Paraná, qui coulent vers l'Ouest, la cuesta de Botucatu se festonne et recule vers l'Ouest, tandis que des captures se produisent dans la dépression subséquente qui la borde à l'Est. La surface fossile prépermienne est progressivement exhumée vers l'Ouest, tandis que l'érosion en attaque les parties orientales les plus élevées.

Enfin, M. DE MARTONNE fait vigoureusement ressortir que c'est seulement à la fin du Pliocène et surtout au Quaternaire que le drainage direct s'organisa vers l'Océan, ce qui explique que "le grand abrupt de la Mantiqueira reste intact"; "la capture des anciennes branches orientales du haut Tieté (Parahytinga et Parahybuna) par le Parahyba est l'avantage le plus spectaculaire remporté".

RESUMEN

Después de haber subrayado la adaptación apalacheana de la hidrografía a la dirección general sudoeste-nordeste de las fajas gnáicas plegadas que forman el escudo de sierras costaneras (Sierra del Mar y Mantiqueira), el Señor DE MARTONNE muestra que las grandes desnivelaciones se deben a un juego de bloques desplazados por fallas o flexiones, que son orientadas como los antiguos pliegues, y que tienen su pendiente abrupta volvida hacia el mar, mientras que sobre su revés, en declividad suave para el interior, se observa, entre 1 500 y 2 000 metros, una topografía de maduración avanzada. La edad de esa superficie de Campos, como se puede llamarla, parece difícil de fijarse. Se puede considerar que ella ha estado en relación con las areniscas de Bauru, debiéndose el levantamiento a los movimientos terciarios, o que ella derive de una otra superficie de erosión prepermiana cuya pendiente disminuiría hacia el centro de un gran combado.

Existe, con efecto, en el Estado de São Paulo una superficie de erosión fosilizada por la serie detrítica continental del sistema de Santa Catarina, lo que lleva a atribuirle una edad prepermiana. Ella se extiende sobre una faja de 10 a 20 km de ancho y 200 km de largo por lo menos. Su pendiente es fuerte y, si se la prolonga hacia el Este, ella pasa por encima del nivel de crestas apalacheanas.

Por otro lado, en las series plegadas metamórficas algonquianas de Minas y de San Roque, la erosión diferencial ha dejado en saliencia fajas de rocas duras de altitud tan poco variable que se deben ver a crestas apalacheanas testimonios de una otra superficie de erosión que cuerta la superficie prepermiana y es por consecuencia más reciente. En el alto Río Grande, una plataforma de una estabilidad excepcional se levanta insensiblemente de 1 000 a 1 200-1 300 m. Ella desarrolla un relieve de maduración sin duda desde el Terciario o mismo desde el Cretácico.

Esta "superficie de las crestas medias" está talvez ligada, efectivamente, al frente de las areniscas réticas; ella cortaría el Cretácico y vendría a concordar con el Terciario del Paraná, lo que le daría una edad paleógena.

Por fin, una cuarta superficie suavemente ondulada se observa en las cuencas afluentes del Paraná y se encuentra aun más desarrollada alrededor de San Paulo y en la cuenca superior del Paraíba. Ella está situada a 200 o 300 metros, más o menos, abajo de la superficie paleógena y, en razón de la sedimentación continental pliocénica del Paraíba y del alto Tieté, es lógico atribuirle una edad neógena.

Así el Señor DE MARTONNE es llevado a distinguir cuatro superficies de erosión, lo que supone largos periodos de estabilidad.

Los movimientos importantes son de fecha del Neógeno, cuando pliegues de fondo han afectado el escudo antiguo, produciendo en el dominio del Río Doce y del Río Velhas una alternancia de depresiones y de combados con orientación N-S, como los pliegues de la serie metamórfica de Minas Gerais, y elevándose en el macizo de la Bandeira.

Es al mismo movimiento que se debe atribuir el levantamiento de la Mantiqueira y de la Sierra del Mar cuyos frentes orientales se dividen y terminan en flexiones y en fallas alineadas. En el Cuaternario, al fin de esos movimientos, el escudo antiguo decende para el Océano en tres escalones de que el último está parcialmente sumergido.

El trabajo de la erosión se intensifica con los movimientos del suelo en el Neógeno. Modelada por los afluentes del Paraná, que corren hacia el Oeste, la cuesta de Botucatu se recorta y se repliega hacia el Oeste, mientras que se producen capturas en la depresión subsiguiente que la limita al Este. La superficie fosil prepermiana es progresivamente exhumada hacia el Oeste, mientras que la erosión le ataca las partes orientales más elevadas.

Por fin, el Sr. DE MARTONNE hace vigorosamente resaltar que es solamente al fin del Plioceno, y sobretudo en el Cuaternario, que se organizó el drenaje directo para el Océano, lo que explica que "el gran abrupto de la Mantiqueira queda intacto"; "la captura de las antiguas ramas orientales del alto Tieté (Paraitinga y Parahybuna) por el Paraíba es la ventaja más espectacular que se ha ganado.

RIASSUNTO

Dopo aver posto in risalto l'adattamento appalachiano dell'idrografia alla direzione generale da Sud-Ovest a Nord-Est delle fasce gneissiche ripiegate, che formano lo zoccolo delle catene litoranee (Serra do Mar e Mantiqueira), DE MARTONNE dimostra che i grandi dislivelli sono dovuti all'azione di blocchi spostati per effetto di fenditure o di flessioni orientate come le antiche pieghe, col versante a picco rivolto all'Oceano, e declinanti con dolce pendio verso l'interno, ove presentano, fra i 1 500 e i 2 000 metri, una topografia di avanzata maturità. È difficile stabilire l'età di questa superficie del Campos (come son chiamati). Si può supporre che sia stata in relazione col grès di Bauru e sia stata sollevata nei movimenti terziari, oppure che derivi da un'altra superficie d'erosione pre-permiana, la cui inclinazione diminuirebbe verso il centro d'un grande rigonfiamento.

Esiste effettivamente nello Stato di San Paulo una superficie d'erosione, contenente fossili della serie detrítica continentale del sistema di Santa Caterina, che pertanto deve risalire all'epoca pre-permiana. Forma una fascia larga da 10 a 20 km e lunga almeno 200, con inclinazione forte, e tale che, prolungando idealmente il suo profilo verso Est, lo si vede passare sopra il livello delle creste appalchiane.

D'altra parte, nelle serie ripiegate metamorfiche algonchiane di Minas e di São Roque, l'erosione differenziale ha fatto sporgere fasce di rocce dure, d'altezza così poco variabile che devono essere considerate creste appalchiane, contrassegni d'un'altra superficie di erosione, che taglia la superficie pre-permiana, ed è, per conseguenza, più recente di essa. Nell'alto Río

Grande, una piattaforma d'eccezionale stabilità sale insensibilmente da 1 000 a 1 200-1 300 metri, con un rilievo di maturità che senza dubbio risale al Terziario e forse al Cretaceo.

"Questa "superficie delle creste medie", forse legata alla fronte dei grès retici, taglierebbe il Cretaceo e verrebbe a raccordarsi col Terziario del Paraná, il che attesterebbe la sua età paleogenica.

Infine, una quarta superficie, dolcemente ondulata, si osserva nei bacini degli affluenti del Paraná e si ritrova più largamente intorno a San Paolo e nel bacino superiore del Paraíba. Si stende a circa 200-300 metri sotto il livello della superficie paleogenica, e, con riguardo alla sedimentazione continentale pliocenica del Paraíba e dell'alto Tietê, pare logico attribuirle un'età neogenica.

Così DE MARTONNE è tratto a distinguere quattro superfici di erosione; è implicita in questa distinzione l'ipotesi di lunghi periodi di stabilità.

I movimenti importanti risalgono al Neogene, durante il quale pieghe di fondo modificarono l'antico zoccolo, determinando, nella zona del Rio Doce e del Rio das Velhas, un'alternativa di depressioni e rigonfiamenti, orientati da Nord a Sud come le pieghe delle serie metamorfiche di Minas Gerais, e culminanti nel massiccio della Bandeira.

Devesi attribuire allo stesso movimento il sollevamento della Serra da Mantiqueira e della Serra do Mar, le cui fronti orientali si dividono e mettono capo a flessioni e fenditure allineate. Nel Quaternario, alla fine di tali movimenti, l'antico zoccolo scende verso l'Oceano in tre gradini, l'ultimo dei quali è in parte sommerso.

Il lavoro d'erosione s'intensifica coi movimenti del suolo nel Neogene. Modellata dagli affluenti del Paraná, che corrono verso Ovest, la costa di Botucatu si frastaglia e arretra verso quella direzione, mentre si manifestano catture nella depressione che la fiancheggia ad Est. La superficie fossile pre-permiana è progressivamente messa allo scoperto verso Ovest, mentre l'erosione attacca le sue parti orientali, più alte.

Da ultimo, DE MARTONNE afferma energicamente che soltanto alla fine del Pliocene, e soprattutto nel Quaternario, si produce il deflusso diretto verso l'Oceano: il che spiega perché sia rimasto intatto il grande scoscendimento della Mantiqueira. La cattura degli antichi rami orientali dell'alto Tietê (Paraitunga e Paraíbauna), da parte del Paraíba, n'è il più notevole risultato.

---

#### SUMMARY

Having pointed out the appalachian adaptation of drainage patern to the southwest-northeast general direction from the folded gneissic bands which form the bedrock of the coastal ranges (Serra do Mar and Mantiqueira) Mr. DE MARTONNE proceeds to show that the bold upheavals are due to a set of blocks displaced by faults or distortions, oriented like the old folds, and which bear their steeply slope toward the Ocean, whilst on their back slope, gently aggraded towards the interior, landforms of advanced maturity are to be seen within 1 500 and 2 000 meters. The age of such a surface of Campos (prairies), as one may so call it, seems difficult to ascertain. It may be thought of as to have been either related to the sandstone at Bauru, the upper elevation being due to tertiary movements, or to derive from another surface of pre-permian erosion from which the slope decreased towards the center of a great convexity.

The fact that there is in the State of São Paulo an erosion surface fossilized by the continental detrital series of the Santa Catarina system, makes the surface be attributed a pre-permian age. It extends over a band of 10 to 20 km width and at least 200 km long. Its slope is sharp and, if elongated westwards it would pass above the level of the appalachian crests.

On the other hand, in the algonkian metamorphic folded series of both Minas and São Roque, the differential erosion has left outlying strata of resistant rocks so slightly variable in altitude that the appalachian crests therein should be seen evidences of another erosion surface which wears down the pre-permian surface and is consequently more recent. On the upper Rio Grande an exceptionally stable platform rises insensibly from 1 000 to 1 200-1 300 meters. It undoubtedly develops a relief of a tertiary or even cretaceous maturity.

This "surface of average crests" may be in effect associated with the front of the rhaetian sandstone, it would wear down the cretaceous and would come to join the tertiary of the Paraná, so as to remain a paleocene age.

Finally, a fourth gently rolling surface as observed in the basins tributaries of the Paraná is to be found again in fullest development around São Paulo and on the head waters of the Paraíba. It keeps itself at 200 or 300 meters approximately above the palaeogene surface and, by reason of the continental pliocene sedimentation of both the Paraíba and the upper Tietê, a neogene age may logically be ascribed to it.

Thus Mr. DE MARTONNE is led to distinguish four erosion surfaces, which suggests long periods of stability.

The major movements date from the neogene where folds deeply affect the ancient bedrock, producing in the domain of Rio Doce and Rio das Velhas an alternation of depression and convexities having a N-S trend, like the folds of the metamorphic series of Minas Gerais and standing out at the rock mass of Bandeira.

To the same movement it should be attributed the proeminence of both Mantiqueira and Serra do Mar whose eastern fronts dissect and result in distortions and horizontal faults. In the quaternary, at the end of these movements, the old bedrock descends towards the Ocean in three shelves the last of which is partially submerged.

The erosion process is intensified which the movements of the neogene soil. Modeled by the affluents of the Paraná, which run westward, the Botucatu cuesta is festooned and recedes westwards, while captures rise in the subsequent depression which surrounds it on the west. The pre-permian fossil surface is progressively exhumed towards the west, whilst the erosion there attacks the highest eastern parts.

Lastly, Mr. DE MARTONNE vigorously points out that it is only at the end of the pliocene and chiefly in the Quaternary that direct drainage is arranged towards the Ocean, and this explains why "the great abrupt of Mantiqueira remains intact"; "the capture of the old eastern branches of the upper Tietê (Paraitunga and Paraíbauna) by the Paraíba is the most spectacular advantage obtained".

ZUSAMMENFASSUNG

Nachdem Snr. DE MARTONNE die apalachianische Anpassung der Hydrographie an die allgemeine Richtung Südosten-Nordwesten der gneisschegefalteten Strecken, die die Base der Küstenberge (Serra do Mar und Mantiqueira) bilden, betont hat, zeigt er dass die grossen Unterschiede durch die grossen Blöcke bedingt sind, welche wie die alten Falten orientiert sind und die eine schroffe Wasserscheide zum Ozean haben während sie auf dergegengesetzten Seite, die sich sanft ins Innere ausdehnt, auf einer Höhe von 1 500 und 2 000 m, eine Topographie von weitester Reife bildet. Das Alter dieser Fläche von Campos, wie man sie nennen könnte, scheint schwer fest zu legen zu sein. Man kann vielleicht behaupten dass sie in Korrespondenz mit den Areniten von Bauru steht und dass die Erhöhung durch tertiäre Bewegungen bedingt ist oder dass dieselbe durch eine andere Bewegung der prepermanianen Erosion, welche langsam absank, verursacht wurde.

Im Staate São Paulo besteht tatsächlich eine Erhöhung von fossilisierten Erosion durch die detritische kontinentale Serie des Systems von Sta. Katharina, die es erlaubt ihm ein prepermanianisches Alter zuzuschreiben. Sie erstreckt sich auf einem Gebiet von 10-20 Kilometern Breite und mindestens 200 Kilometern Länge. Sein Abfall ist sehr stark und verlängert sich nach Westen hin; er ist höher als die apalachianischen Höhen.

Andererseits verursachte die differenziale Erosion in den alongonquianisch metamórfisch gefalteten Teilen von Minas und São Roque schroffe Felsen von ziemlich gleichmässiger Höhe die als apalachianische Felsen angesehen werden müssen. In Rio Grande haben diese Erhöhung bis zu 1 000 — 1 200 — 1 300 m.

Diese Felsen mittlerer Höhe haben vielleicht Verbindung mit den retischen Areniten; sie schneiden das Cretáceo und haben auch Verbindungen mit den Tertiären von Paraná, damit ist ihr paleogenisches Alter bewiesen.

Dann bemerkt man noch eine leicht gewellte Erhöhung in den Nebenflüssen des Paraná und in dem oberen Lauf des Paraíba. Sie bleibt auf einer Höhe von 200 — 300 m über der paleogenischen Höhe und man kann ihr ein Alter der neogenischen Zeit zusprechen.

So hat DE MARTONNE vier verschiedene Flächen der Erosion unterschieden welche eine sehr lange Periode der Stabilität als sehr wahrscheinlich festsetzen lässt.

Die bedeutenden Bewegungen kommen von der Neogenischen Zeit her während der die Falten die alten Basen beeinflussen und die in dem Dominium des Rio Doce und Rio das Velhas Depression in der Richtung N-S verursachen, wie in den Falten der metamorphischen Serie von Minas Geraes und die klar in dem Maciço da Bandeira zu bemerken sind.

Denselben Bewegungen muss man auch die Erhöhungen der Mantiqueira und der Serra do Mar deren Ostfronten sich teilen, zuschreiben. In der Quarternarischen Zeit, am Ende dieser Bewegungen, fällt die alte Base in drei Stufen von denen die letzte zum Teil versunken ist, in den Ozean.

Die Erosions — Arbeit wird stärker mit den Bodenbewegungen der neogenischen Zeit. Durch die Nebenflüsse des Paraná, die nach dem Westen fliessen, modelliert hebt sich die "cuesta de Botucatu" ab und tritt nach dem Westen zurück, während man in den folgenden Depressionen die sie im Osten begrenzen, captures produziert werden. Die fossile prepermanianische Fläche läuft progressiv nach dem Westen während die Erosion ihre westlichen höheren Teile angreift.

Zum Schluss erwähnt DE MARTONNE noch besonders deutlich dass erst am Ende der pliocenischen Zeit und besonders während der quarternarischen Zeit sich eine direkter Zufluss zum Ozean gebildet hat was auch die abrupten Gefälle der Mantiqueira, die völlig unverseht blieben, erklären; Die Fassung der alten westlichen Arme des oberen Tieté (Paraitinga und Paraíba) durch den Paraíba sind die grössten erhaltenen Erfolge.

RESUMO

Beliefiginte la apalakian adapton de la hidrografio al la ĝenerala direkto Sudokcident-Nordorienta de la refalditaj gnejsaj strioj, kiuj formas la soklojn de la marbordaj montaroj (Serra do Mar kaj Mantiqueira), DE MARTONNE montras, ke la grandaj senniveligoj estas ŝuldataj al aro da blokoj delokigitaj de fendoj aŭ fleksaĵoj, kiuj estas orientitaj kiel la antikvaj faldoj, kaj havas la krutan deklivon turnita al la Oceano, dum sur la kontraŭa deklivo, kiu milde kliniĝas al la interlando, vidiga, inter 1 500 kaj 2 000 m, topografio je maljuna matureco. La aĝo de tiu supraĵo de Kampoj, kiel oni povas ĝin nomi, ŝajnas esti malfacile fiksebla. Oni povas konsideri, ke ĝi estis en korespondado kun la grejsoj de Bauru, kaj ĝia leviĝo ŝuldiĝas al la terciaraj movoj, aŭ ke ĝi devenas de iu alia supraĵo je antaŭpermetaja erozio, kies deklivo plimalgrandiĝas al la centro de granda konveksaĵo.

Ekzistas efektive en ŝtato São Paulo erozia supraĵo fosiligitaj de la kontinenta forĵetaĵa serio de la sistemo el Santa Catarina, kaj tio kondukas nin al la jena konkludo, ke oni devas imputi al ĝi antaŭpermetajan aĝon. Ĝi etendiĝas tra strio, larĝa je 10-20 km kaj longa je 200 km, ĉirkaŭe. Ĝia deklivo estas forta kaj, pillongigante Orienten, ĝi pasas super la nivelo de la apalakiaj krestoj.

Aliflanke, ĉe la algonkiaj metamorfaj refalditaj serioj el Minas kaj el São Roque, la diferenca erozio okazigis la aperon de malmolaj rokoj kun alteco tiel malmulte variebla, ke ili devas esti rigardataj kiel apalakiaj krestoj, atestantoj de iu alia erozia supraĵo, kiu tranĉas la antaŭpermetajan supraĵon, kaj, konsekvence, estas pli ĵusa. Ĉe la alta Rio Grande, plataĵo je escepta staremeco leviĝas iom post iom de 1 000 al 1 200-1 300 m. Ĝi montras reliefon de matureco, sendube de la terciara epoko aŭ eĉ de la Kretaceo.

Tiu "supraĵo el mezaj krestoj" eble estas ligita, efektive, al la fronto de rektikaj grejsoj; ĝi tranĉas la Kretaceon kaj venus ligiĝi al la terciara epoko de rivero Paraná, kaj tio donus al ĝi paleogenikan aĝon.

Fine kvara supraĵo milde ondumita vidiĝas ĉe la basenoj alfluaĵaj de Paraná kaj reaperas pli vasta ankoraŭ ĉirkaŭ São Paulo kaj ĉe la supera baseno de rivero Paraíba. Ĝi sintenas je ĉirkaŭ 200 aŭ 300 m super la paleogenika supraĵo kaj, dank' al la pliocenika kontinenta sedimentado de Paraíba kaj de la alta Tieté, estas logike imputi al ĝi neogenikan aĝon.

Tiamaniere DE MARTONNE estas kondukata al tio, distingigi kvar eroziajn supraĵojn, kaj tio antaŭsupozas longajn periodojn de staremece.

La gravaj movoj datigas de la Neogeniko, en kiu fundaj faldoj difektas la antikvan soklon, kaŭzante ĉe la apartenaĵo de Rivero Doce kaj de Rivero das Velhas alternadon de kavaĵoj kaj malkavaĵoj orientitaj laŭ N-S. Kiel la faldoj de la metamorfa serio el Minas Gerais, kaj reliefigante ĉe la masivo de Bandeira.

Al tiu sama movo oni devas imputi la altiĝon de Mantiqueira kaj de la Serra do Mar, kies orientaj frontoj dividiĝas formante laŭvicajn fleksaĵojn kaj fendojn. Ĉe la Kvartenara Epoko, je la fino de tiuj movoj, la antikva soklo malsupreniras laŭ tri ŝtupoj, el kiuj la lasta estas parte subakvigita.

La erozia laboro intensiĝas kun la movoj de la tero de l' Neogeniko. Modelita de la alfluaĵoj de Paraná, kiuj fluas Okcidenten, la marbordo de Botucatu siluetiĝas kaj dorseniras okcidenten, dum fariĝas kaptajoj ĉe la sekva malaltaĵo, kiu ĝin boardas oriente. La antaŭpermetata fosilla supraĵo estas iom post iom elteriĝanta okcidenten, dum la erozio atakas ĝiajn pli altajn orientajn partojn.

Fine, DE MARTONNE reliefigas, ke estas nur ĉe la fino de la Pilogeniko kaj precipe ĉe la Kvartenara Epoko, ke la rekta drenado sin direktas al la Oceano, kaj tio klarigas, ke "la granda abruptaĵo de Mantiqueira restas netuŝita"; la kaptado de la antikvaj orientaj brakoj de la alta Tieté (Paraitinga kaj Paraibuna) fare de Paraiba estas la plej admirinda el la atingitaj avantaĝoj.