

O PAPEL DAS ENXURRADAS NO MODELAGEM DO RELÉVO BRASILEIRO

(Conclusão)

FRANCIS RUELLAN

O que se vai ler constitui a parte final do estudo do prof. FRANCIS RUELLAN, sócio honorário da A.G.B., de que o Boletim Paulista de Geografia publicou a primeira parte em seu n.º 13, correspondente ao mês de março do ano corrente.

V. A erosão pelas enxurradas tem um papel muito importante na zona dos Campos. — Na zona dos Campos, que corresponde a uma enorme extensão do território brasileiro, inclusive grandes trechos da Amazônia, particularmente ao Norte do grande rio, o fato de ser mais bem caracterizada a estação seca (que dura de cinco a seis meses) ocasiona uma desorganização temporária da hidrografia. Numerosos cursos d'água correm de maneira intermitente ou apenas em trechos restritos, limitados por soleiras, as fontes acabam por secar, grande número de regatos chegam mesmo a desaparecer; a insolação é forte e considerável a evaporação. Por isso mesmo, a vegetação mal recobre o solo. Salvo no fundo dos vales, onde aparecem fontes perenes; salvo nas veredas, em que os olhos d'água mantêm a umidade e ocasionam a formação de pântanos; salvo ainda às margens dos cursos d'água permanentes, a vegetação arborecente e espessa, com densos sub-bosques, desaparece completamente. As pequenas árvores retorcidas do cerrado, de casca espessa e muitas vezes espinhosa, com suas folhas geralmente muito grandes, porém recoberta de cêra ou de penugem, além de raízes profundas, atestam uma adaptação à seca e uma defesa contra a evaporação (1).

Observado de longe, assemelha-se o cerrado a uma área florestal: visto de perto apresenta-se como uma floresta sem sombra, em que o solo é, em toda parte, submetido à ação dos raios solares, por ocasião dos belos dias do inverno brasileiro. Salvo nas veredas, a vegetação erbácea dos cerrados e, mesmo, dos campos limpos ou

(1) Leo Heinrich WAIBEL, 74.

campinas não chega a recobrir o chão. Vêm-se, apenas, tufo altos porém isolados, que nunca escondem completamente o solo.

Ora, as médias das máximas mensais ultrapassam, em geral, 28 e 30 graus; as máximas absolutas alcançam de 33 a 40 graus; ao passo que as médias das mínimas mensais caem geralmente abaixo de 10 graus, e, nos planaltos do centro e do sul, as mínimas absolutas descem muitas vezes abaixo de zero.

A seca e as fortes variações da temperatura, no inverno, seguindo-se à grande umidade do verão, facilitam a fragmentação do solo e quando, mesmo durante o inverno, uma massa de ar frio do Sul consegue penetrar no planalto e provocar a chuva, encontra esta imediatamente um material pronto para ser deslocado. Além disso, os criadores de gado costumam levar a efeito queimadas no fim do inverno, a fim de destruir a vegetação arbustiva e limpar, assim, o solo, de maneira a deixar lugar à erva que vai despontar com as primeiras chuvas. A combustão faz-se muito lentamente e progride subterraneamente em virtude da potência das raízes. As temperaturas atingidas são, naturalmente, muito fortes e ocasionam o arrebentamento dos fragmentos rochosos da superfície e da zona subterrânea de combustão das raízes. As queimadas não constituem uma prática recente; os índios delas se serviam, nas mesmas áreas, para a caça e suas semeaduras primitivas. Pode-se, também, supor que raios de certas tempestades secas do fim do inverno e do começo da primavera, ontem como hoje, são os responsáveis pelos incêndios da mata, nessa atmosfera sufocante da pré-moção, durante a qual o dessecamento atinge seu "maximum" (em geral, em fins de agosto e setembro).

Dessa forma, o adelgaçamento do solo detrítico prossegue incansavelmente. As enxurradas de verão revolvem esse material, depositam-no, selecionam-no e, assim, continuam a talhar as superfícies de erosão muito regulares (2) que cortam, muitas vezes, as camadas aprumadas, pertencentes ao Algonquiano, ao Cambriano, ao Ordoviciano ou ao Siluriano, sem falar, naturalmente, dos granitos dioritos, gabros, gnáisses e micaxistos, etc., encontrados também na zona dos Campos. É possível percorrer dezenas de quilômetros, em tais peneplanos, sem encontrar um só curso d'água. Quando aparecem, ocupam frequentemente vales profundos, que correspondem a fortes retomadas de erosão ou a níveis intermediários (3), a 100 ou 150 metros abaixo do peneplano, e que nada têm a ver com o aplainamento do planalto. Tais níveis intermediários possuem formas bem menos evoluídas que as altas superfícies, primeiramente porque o modelado foi ali mais recente, mas também porque as in-

(2) Preston E. JAMES, 35.

(3) Francis RUELLAN, 61, 62, 66.

filtrações da água na massa detrítica dos peneplanos dão origem a rios e regatos muitas vezes perenes, que escavam o seu leito para se juntar ao rio principal. Em tais níveis intermediários, as enxurradas trabalham no trecho intermediário dos vales; sua velocidade acelera-se chegando no sopé das vertentes, à proporção que os rios escavam, e, conforme a velocidade do escavamento fluvial, a resistência e a permeabilidade das rochas das vertentes, as formas apresentam-se convexas ou côncavas abaixo da ruptura do declive cíclico; entretanto, acima dessa ruptura de declive, as enxurradas, apoiadas nesse nível de base local, continuam seu trabalho de regularização e aplainamento. Somente quando se completa a destruição do testemunho interfluvial, pela regressão das vertentes, é que se interrompe essa evolução (4).

O solo das superfícies peneplainizadas da zona dos Campos nem sempre é formado de areia ou de pedregulhos de ângulos mais ou menos desarestados; vêm-se, ali, muitas vezes, concreções arredondadas, formadas de limonitas e cujo tamanho é variável, mas geralmente de alguns milímetros de diâmetro. É importante precisar a origem dessas concreções pisolíticas. Têm elas, muitas vezes, espessura de alguns decímetros e estendem-se, por vezes, através de vários quilômetros, constituindo um solo muito seco. Por debaixo, encontra-se geralmente a carapaça laterítica ou "canga", que corresponde à aglomeração de um grande número de tais concreções e domina uma camada de argila laterítica, a que se sucedem em profundidade arenas de decomposição (5). Quando se encontra um sub-solo de arenitos não-ferruginosos ou de quartzitos, essas concreções deixam de existir.

Entra em jogo, aqui, o processo iluvial. As águas infiltradas por ocasião das chuvas exercem forte trabalho de hidratação e de dissolução. No decurso da estação seca e, também, por ocasião das queimadas, a água carregada de óxidos de ferro concentrados sobe por capilaridade, vem formar pequenas bolas de concreções, que se aglomeram depois sob a forma de canga, em virtude da evaporação da água, antes de atingir a superfície.

Concreções e carapaças lateríticas indicam que, nesse trecho, alcançou-se uma certa estabilização da superfície de erosão. Não nos lembramos de ter visto tais concreções e essa carapaça formarem-se quando o declive é forte. Verdadeiramente, parecem indicar uma diminuição do escoamento superficial. As águas infiltram-se mais facilmente, porque o declive tornou-se muito fraco, agindo mais pela dissolução do que pelo transporte, exceto por simples retoques na regularização das superfícies, por ocasião das grandes

(4) Francis RUELLAN, 55, p. 120.

(5) Francis RUELLAN, 58, 61, 62, 66; Leo Heinrich WAIBEL, 74

quedas de chuva. Não se deve perder de vista esse papel da dissolução no ataque do relêvo, enquanto a massa de desagregação e de decomposição, embebida de água durante a estação chuvosa, tende naturalmente a formar uma superfície plana.

A formação da carapaça laterítica seria, dessa forma, um fenômeno ligado ao enfraquecimento das ações de transporte pelas enxurradas, correspondendo a uma diminuição do declive e à predominância das dissoluções e das ascensões por capilaridade num solo rico de óxidos de ferro. O clima quente, com alternância de seco e úmido, parece-nos importante para explicar a formação dessas concreções. A posição do lençol freático e do limite da umidade do solo (que são diferentes) também é muito importante e varia com as estações. As concreções formar-se-iam, então, na estação seca às expensas da argila laterítica desenvolvida por ocasião da estação úmida. A posição da camada concrecionária e da carapaça ou "canga" seria determinada pela posição do nível hidrostático e pelo limite de umidade da terra, durante a estação seca. Ora, não nos esqueçamos, também, que as retomadas da erosão fluvial fazem baixar o nível hidrostático, aumentando a infiltração das águas pluviais e mudando a posição do nível das concreções lateríticas. O efeito desta modificação é diminuir, pela infiltração, a ação das enxurradas e estabilizar as superfícies peneplanizadas que elas modelaram, enquanto que a sua orla é protegida pela crosta laterítica de canga contra os ataques das retomadas da erosão fluvial (6).

É nesta orla que se observam, nas argilas lateríticas ou nas areias, as voçorocas ou ravinamentos profundos (7) que, quando se generalizam numa determinada zona, produzem uma topografia de "badlands". Essas ravinas atestam a predominância do escoamento concentrado sobre o das águas em lençol (8). Vêmo-las progredir por erosão remontante. A concentração das águas, que é condição primordial nêsse caso, produz-se com frequência nas zonas em que aparecem as vertentes, as quais marcam o limite das superfícies mais ou menos niveladas. Nas garupas que sofreram o devastamento da antiga floresta pluvial, tropical, a concentração das águas já não encontra nenhum obstáculo e o aceleração das velocidades sobre o declive convêxo também, nada encontra que o modere; por isso, as voçorocas se multiplicam.

Na zona dos Campos, a erosão diferencial produzida pelas enxurradas não é menos importante que na zona da floresta pluvial tropical, mas as rochas que aí se encontram são diferentes, mais

(6) Francis RUELLAN, 61, 62, 65, 66.

(7) Victor Ribeiro LEUZINGER, 41, p. 130-132.

(8) Segundo Reed W. BAILEY, 2, p. 999, os declives de 40% dão um escoamento superior de 1/5 ao dos declives de 30% e produzem 3,5 vezes mais de matérias transportadas.

variadas do que na região essencialmente granito-gnáissica do litoral oriental e, por outro lado, as ações de decomposição são menos ativas, o que dá uma preponderância dos materiais clásticos relativamente grosseiros sobre as argilas e torna o solo mais permeável e, por conseguinte, limita de certa maneira a erosão dos lençóis. Não obstante, as ações eólicas, por ocasião da estação seca, e os adelgaçamentos devidos à erosão mecânica elementar reduzem os fragmentos em partículas muito finas facilmente carregadas pelas enxurradas, mais facilmente, talvez, do que as argilas compactas das zonas da floresta pluvial tropical sobre as quais desliza a enxurrada sem muito as retalhar pois ela, neste caso, carrega pouco material coloidal, como se pode comprovar pela sua cor. No solo da zona dos campos é muito diferente. O exemplo da terra-rôxa é bem característico. É um solo rico, graças ao "humus" de cor vermelha, que aparece frequentemente no interior do Brasil, em virtude da enorme extensão dos derramamentos de lavas de basalto, de diabases e de meláfiros. Sua composição química indica o predomínio dos elementos alumínio-ferrosos e não-lo mostra em via de laterização. O exame granulométrico e morfológico (9) de uma amostra de terra-rôxa recolhida perto de Uberaba, no Triângulo Mineiro, acima de um afloramento de basalto, deu, depois de lavagem, o seguinte resultado, na distribuição dos calibres:

0,0 à 0,3 mm	36,7%
0,4 à 0,6 mm	30,8%
0,7 à 0,9 mm	22,0%
1 à 1,2 mm	10,2%

Neste material predominam os quartzos com alguns cristais de hornblenda escuro, já bastante alterados. Há, por conseguinte, um enriquecimento muito importante do solo em quartzo, devido à saída dos outros elementos, pois os basaltos sub-jacentes são pouco quartzíferos.

O exame morfológico dos grãos de quartzo de 0,6 à 0,8 mm deu uma proporção de 50% sem nenhum desgaste e 50% polidos e brilhantes, o que corresponde, sem dúvida, a um deslocamento pluvial superficial e não acusa ainda nenhum vestígio de transporte eólico.

Pequenos cristais de quartzo achavam-se reunidos por uma pasta argilosa que havia resistido a três lavagens, e muitos grãos, apesar dessas lavagens, conservam a cor vermelha.

Observamos, também, esta terra-rôxa molhada e constatamos que ela não forma uma pasta argilosa plástica. Secada ao Sol, ela

(9) Exame feito por Annette F. Ruellan

se abre apenas em ligeiras fendas; um ligeiro endurecimento da superfície não a impede de retornar à sua condição de poeira ao simples roçar dos dedos. São tão finos os elementos que ela contém que mancham os dedos e tingem as paredes de vidro ou de louça vidrada. Encontramos 15% em volume de poeiras num estudo densimétrico.

A terra-rôxa, originariamente, se apresenta coberta de floresta, mesmo quando a mais de 1.000 metros de altitude, mas uma vez roçada (e sempre é ela a primeira a ser roçada), nada mais retém o escoamento, sem falar de um importante transporte eólico. Seu empobrecimento rápido, destruindo o resto das matérias coloidais, torna-a, ainda, mais sensível à ação das enxurradas.

Quanto aos solos bastante lateríticos da zona dos campos são compostos de areias finíssimas e de verdadeiras poeiras, que se mantêm em suspensão na água e são facilmente removidas. Por ocasião da estação das chuvas, êsses solos se transformam em barro vermelho, que, por serem muito ricos em quartzo geralmente, não se endurecem ao secar — racham apenas, como já vimos, ao passo que nas baixadas chamadas "verêdas", onde se concentram as argilas cinzentas, o endurecimento e o conseqüente fendimento durante a estação seca são tão nítidos, que aparecem nas fotografias aéreas. Os solos lateríticos (10), ao contrário, transformam-se em poeira vermelha, cujos elementos finos, impalpáveis, são alçados pelo vento e tudo impregnam. Desde as primeiras tempestades, êstes solos são arrebatados pelos lençóis que se tingem de vermelho.

Nesta zona dos campos, a alteração das rochas ígneas e cristalo-filianas, cuja composição é igual a dos granitos, é menos rápida do que na região da floresta pluvial tropical, e toma frequentemente a forma de desagregação granular, produzindo areia; contrariamente, as rochas microcristalinas e sobretudo as rochas microlíticas dão terras vermelho-violáceo muito finas e às vêzes espêssas.

As rochas micáceas: micaxistos, gnáiss-xistosos ricos em biotita, filitos mais ou menos sericitosos, cloritaxistos, talco-xistos desagregam-se e se decompõem facilmente em elementos finos argilo-arenosos, muito ricos em palhetas de mica extremamente leves e fácil de serem removidas pelas enxurradas. Admirável é, aqui, a regularidade da superfície de erosão. Perturbam-na, apenas alguns endurecimentos gnáissicos de xistos ardosianos resistentes ou de xistos silicosos metamorfisados em quartzitos, que se intercalam nos alinhamentos xistosos ou aparecem nas zonas de contáto com os batolitos e dão cristas, às vêzes, mesmo, verdadeiras lâminas; porém, os endurecimentos mais nítidos são devidos a filões de quartzo frequentemente injetados "lit-par-lit".

(10) Jose SETZER, 69, p. 1912 e 1918

Segundo a riqueza em quartzo destas rochas, encontramos com solos mais ou menos arenosos e, por conseguinte, mais ou menos permeáveis. Sua sensibilidade à erosão das enxurradas é, pois, variável.

A sua riqueza em biotita é o ponto decisivo para a formação de concreções pisolíticas e de uma camada de canga. Outras rochas da zona dos campos, ao contrário, são muito resistentes à erosão dos lençóis d'água, particularmente os quartzitos que ocupam enormes áreas nas séries de Minas e Itacolomi, atribuídas ao algonquiano. e na série de Lavras, esta pertencendo ao algonquiano superior ou ao cambriano. Tais quartzitos são mais ou menos resistentes segundo a dureza do seu cimento e a metamorfização que sofreram. Quando estas rochas se desagregam em profundidade, produzem areias finas facilmente removíveis; esta erosão é, em geral, lenta; torna-se, porém, mais importante no sopé das vertentes, porque o lençol d'água, reforçado do alto para baixo, ou seja, pela altura e declive forte dos relêvos rochosos, torna-se mais eficaz.

Há, portanto, nesta zona, relêvos residuais, quartzíticos que lembram as formas e a posição dos "inselbergs". Os quartzitos podem tomar a forma de maciços importantes, onde cada alinhamento resistente impõe, a montante, um nível fixo, bem limitado, para o trabalho de aplainamento feito pela enxurrada. Devido à frequência da estrutura monoclinal, os quartzitos formam, também, às vezes, pequenos maciços residuais isolados, do tipo "hogback". O itabirito ou a hematita compacta tem o mesmo papel que os quartzitos, por causa da sua grande resistência à erosão.

Enfim, as dimensões do maciço residual são, às vezes, tão reduzidas que não passam de um simples rochedo ou mesmo de algumas astilhas. Devemos notar, neste caso, a semelhança que se impõe com o processo da formação dos relêvos residuais montanhosos a montante dos pedimentos, mas, quando se trata do escoamento em lençol, o declive das superfícies de erosão é muito inferior ao declive dos pedimentos (11).

Enfim, os maciços residuais são frequentemente nivelados no cume. Representam testemunhos de superfícies de erosão niveladas antigamente, pois as camadas são frequentemente talhadas obliquamente, em bisel, e sua superfície continua evoluindo sob a ação da enxurrada até o desaparecimento completo desses testemunhos. Quando o testemunho resistente é constituído pelo itabirito, tem ainda a reforçá-lo uma crôsta de "canga" particularmente espessa. Encontram-se estas carapaças lateríticas, provenientes do itabirito, na região central de Minas Gerais (12).

(11) COTTON, 15, pag. 261-262

(12) Francis RUELLAN, 58

Os arenitos ocupam, igualmente, uma área muito importante na zona dos campos. Pertencem os arenitos a diversas formações que se sucederam desde os tempos primários. Muitos deles são bastante permeáveis. Sua superfície é, pois, mais raramente percorrida por lençóis de água, visto que seria necessário, para os aguacciros de importância média, uma saturação completa de todos os interstícios que existem entre os grãos. Os diversos cimentos representam um papel considerável, pois diferenciam os diversos tipos de arenitos e suas respectivas reações à erosão das enxurradas. Os arenitos de cimentação argilosa são, evidentemente, os mais favoráveis à esta erosão.

Nos arenitos de cimentação calcárea e nos calcários, a ação da enxurrada é, ao contrário, muito reduzida, porque a água que se infiltra colabora para uma dissolução rápida e na formação de uma circulação subterrânea concentrada. Alguns arenitos que perderam o cimento em profundidade em proveito de uma crosta superficial silicificada e frequentemente ferruginosa dão fenômenos cársticos análogos.

Estes maciços calcários ou de arenitos de cimentação calcárea representam um elemento original do relevo e da vegetação. Trabalhadas por numerosas "lapiés" e cavidades, que provam não somente as ações de dissolução mas também uma lavagem constante da superfície, que transporta todos os elementos móveis deixados pela dissolução, estes maciços calcários ou de arenitos calcários se apresentam recobertos de uma vegetação xerófila do tipo que se encontra na caatinga do Nordeste. Suas vertentes são, geralmente, abruptas, mas muito trabalhadas pela dissolução e pelo escoamento superficial. Só desaparecem lentamente porque as retomadas de erosão, abaixando o nível dos rios, deixam secos os cursos de água subterrâneos, diminuindo, assim, o solapamento interno dos maciços.

Tais são as formas que dão os diversos tipos de rocha na região dos Campos. A regularidade das altas superfícies peneplanizadas, às suaves ondulações dos níveis intermediários opõem-se os abruptos perfis do relevo residual, cujas vertentes, muito ravinadas, recuam paralelamente a si mesmas, sem nada que lembre o abrandamento progressivo dos escarpados feitos pela erosão fluvial (13).

Nossa noção de "frente dissecada de bloco falhado" (14) toma igualmente, aqui, um valor capital concernente à posição antiga do escarpamento de falha. Não há somente dissecação pelas torren-tes e riachos da frente do bloco falhado, mas o recuo geral do escarpado, paralelamente a si mesmo sob o efeito combinado da desagregação e da decomposição das rochas por hidratação durante

(13) Henri BAULIG, p. 137-140.

(14) Francis RUELLAN, 55, 60

a estação úmida, da fragmentação por ocasião da estação seca, e da descida dos detritos para o sopé ou base das vertentes, formando taludes de coluvião que se adelgaçam pouco a pouco. Mas agem, também, a deflação durante esta mesma estação seca, age a vegetação que desenvolve suas raízes nos leitos destas vertentes por ocasião da estação quente e úmida e morre na estação seca, após ter contribuído na fragmentação; e agem, ainda, os animais e insetos escavadores, muito numerosos na zona dos Campos. Mas domina, sobretudo, a ação das enxurradas pluviais, que além de transportar todos os detritos preparados por estas erosões, umidecem os cimentos argilosos; arrancam tudo o que mal se prendia ao escarpamento e desentulham, finalmente, a base das vertentes de todos os elementos removíveis provenientes frequentemente da própria desagregação dos coluviões grosseiros. A erosão feita por estes lençóis é tão forte que suas águas chegam ao pé das vertentes com um volume acrescido de tudo quanto a chuva trouxe desde o cume e uma velocidade que aumenta muito rapidamente em relação ao declive. Quanto mais alto for o escarpado, tanto mais forte será a erosão da enxurrada na base da vertente. Constitui, pois, um verdadeiro solapamento, e não vemos como, neste caso, o declive deste escarpamento poderia abrandar-se. Ao contrário, a água da chuva, que forma uma película no cume, não toma força erosiva senão progressivamente. Isto explica que os diversos perfis da vertente abrupta, longe de tomar apóio no sopé do declive, têm o cume como "charneira". Em terrenos quase uniformes, como o de certos arenitos, o aumento de resíduos e a maior velocidade dos escoamentos tendem a produzir formas convexas, que se vão retificando lentamente até tornar-se uma vertente quase vertical. A aceleração da velocidade do lençol d'água na base da vertente produz, aí no sopé, o mesmo efeito de escavação que uma pequena queda d'água sobre o solo que a recebe e faz o solapamento da parede do escarpado que varia com a resistência da rocha. O limite teórico desta ação da enxurrada é a vertical, mas, na realidade, o lençol de água só forma cortina ao cair diante da escavação, quando a queda da chuva atinge uma grande intensidade, quando há uma ruptura do declive marcada entre a superfície plana, vertical e a superfície côncava da escavação, ou quando obstáculos — pontas rochosas e moitas vegetais — conduzem a água por cima do vazio. Fora disso, vemos o lençol aderir-se à parede do escarpado e continuar correndo sobre esta parede até à base da vertente. Claro que este escoamento sobre o declive não possui a mesma força erosiva, pois, como é lógico e como muitas vezes o observamos, as quedas muito fortes de chuva dão ao mesmo tempo um lençol que cai em cortina diante da escavação. Notemos, ainda, que estas escavações não continuam a evoluir sob a ação dos lençóis de água senão quando, elas mesmas,

são mais ou menos atingidas pela chuva. Nas grutas, só a parede de entrada é atingida e a água não desliza além da ruptura do declive quando esta é bem marcada. Enfim, já não precisamos insistir sobre o limite absoluto que marcam as contra-vertentes, que constituem sempre a origem das quedas das cortinas ou da formação das goteiras.

Durante os nossos trabalhos no interior do Brasil, tivemos, muitas vezes, a oportunidade de observar a ação destas enxurradas sobre os escarpamentos. O termo passado, com nossos alunos, uma tarde de tormenta em Vila Velha (15), perto de Ponta Grossa, no Estado do Paraná, sob uma chuva violenta, muito aprendemos sobre o papel destes lençóis de água no modelado deste célebre lugar. Os arenitos devonianos, muito heterogêneos, neste local, são esculpidos em torres e muralhas e de tal maneira que dão a impressão de uma cidade em ruínas. Pudemos ver que essas formas pitorescas não eram o resultado exclusivo das ações eólicas, como se acreditava até então, mas, sim, da enxurrada, pois pudemos observar como a água da chuva esculpia todos os pontos frágeis, como ela ampliava o escavamento das diaclases e como formava, no sopé do escarpamento, uma zona deprimida pela ação das goteiras frequentemente reunidas por debaixo dos declives verticais, até formar um lençol de pequena queda água. Não se trata de negar, aqui, o papel da deflação da estação-seca e, mesmo, de uma pequena corrosão natural na formação deste relevo; mas este papel é muito reduzido, pois há pouquíssima areia fina e o solo se apresenta recoberto de vegetação nos campos vizinhos. A ação da meteorização é mais importante, porque a rocha se desagrega facilmente e diferencialmente, em virtude do seu caráter heterogêneo. O que domina, portanto, é esta enxurrada que estremece e arranca, transporta e escava o escarpamento, e mantém limpo o sopé das vertentes sem lhe deixar sequer a proteção dos colúvios arenosos, mas apenas alguns blocos e seixos caídos das paredes rochosas. É preciso assinalar, também, o papel da água da chuva que cae sobre a superfície superior dos arenitos devonianos, enchem as cavidades das "lapiés", transbordam e correm nos canais escavados, seguindo as diaclases até alcançar a orla do escarpamento, de onde elas caem em jatos que saltam sobre as saliências e auxiliam, assim, na erosão das paredes e do sopé do escarpamento.

Compreende-se, então, porque as formas das vertentes não se suavizam em Vila Velha; porque, igualmente, o escarpado conserva esta aparência de muralha arruinada e recua paralelamente ao seu próprio perfil, hoje, quase vertical. Esta constatação é mais interessante ainda, porque, nos campos do Paraná, achamo-nos próximos do limite do clima de estação-seca bem marcada. Achamos, além

(15) Pedro GEIGER, 31, p. 1931; Francis RUELLAN, 59.

disso, que a intensidade dos aguaceiros é um fenômeno mais importante para explicar estas formas de escarpamento abrupto do que a preparação dos materiais feita pela erosão elementar, por ocasião da estação seca.

Este processo de afastamento das vertentes abruptas aplica-se também às frentes de "cuestas". Na região sul do Brasil, a Bacia do Paraná (16) oferece um conjunto notável de "cuestas" cuja origem já analisamos (17). Algumas possuem escarpamentos de formas atenuadas, porque são constituídas de materiais argilosos, como os tilitos permianos da Série Tubarão; mas os arenitos, tão frequentes na bacia de subsidência do Paraná, onde se acumularam os sedimentos detríticos, desde o Devoniano ao Cretáceo superior, dão escarpamentos notáveis em cima dos xistos argilosos ou de tilito. Basaltos e diabases, inclinados suavemente para o centro da bacia, formam escarpamentos de "cuestas" que constituem um elemento essencial da paisagem e conservam o seu vigor, enquanto que a seus pés, nos sedimentos mais friáveis, que podem ser mesmo arenitos (Serra de Maracajú, junto de Campo Grande, Mato Grosso), superfícies trabalhadas pelas enxurradas, nivelam-se aos vales subsequentes ou aos níveis que foram construídos, dada a sua antiga posição.

O afastamento das frentes de "cuestas" é aqui facilitado por uma erosão mecânica importante por ocasião da estação seca, pela decomposição da estação úmida e quente, pela violência dos aguaceiros cujas águas correntes pulam o escarpamento meteorizado, escavam o sopé da rocha tenra e nivelam a sua superfície que separa a base da "cuesta" do rio subsequente. Já assinalamos, também, a independência da evolução das "cuestas" com relação à rede hidrográfica que lhes deu origem (18). Esta observação se aplica às "cuestas" da zona dos campos. Algumas têm, como rocha friável, arenitos ou calcários permeáveis, e a rede hidrográfica, já bastante empobrecida devido à longa estação seca, o é mais ainda pela natureza do solo. Não há cursos d'água obsequentes, mas somente um escoamento superficial concentrado obsequente e temporário, sendo por isso a frente de "cuestas" muito bem marcada. Só a meteorização e as enxurradas são as responsáveis por estas formas com numerosos sulcos de escoamento concentrado, temporário.

As mesmas observações se aplicam, claro está, às mesas e aos escarpamentos de planaltos sedimentários horizontais, que se encontram na zona de longa estação seca.

Não se processa de maneira diferente a evolução dos escarpamentos nos limites das peneplanícies, especialmente porque a sua proteção

(16) Fernando de ALMEIDA, I.

(17) Francis RUELLAN, 67.

(18) TRICART, 73, p. 1006.

é, geralmente, assegurada pela cornija de carapaça laterítica ou canga. O que se produz, é pois, na realidade, uma verdadeira erosão diferencial, pela ação dos lençóis e pelo escoamento superficial concentrado, os quais acentuam o relêvo dos escarpados de rochas, relativamente mais duras do que as que a ela se sobrepõem.

Mas resulta dêste conjunto de observações outra consequência ainda mais importante: as rupturas de declive cíclicas são muito bem conservadas e tomam muitas vêzes a forma de escarpamento. Quando se trata de uma estrutura horizontal, êste fato não deve surpreender e menos se houver um arremate de carapaça laterítica formando cornija, pois achâmo-nos dentro dos casos que acabamos de estudar.

Analisando as fotografias aéreas da bacia do Vale do São Francisco e observando a perfeição atingida por certos níveis de erosão, como por exemplo, o nível de Moravânia (600 à 650 m) e o de Pirapora (450 à 500 m) (19), notamos que nenhum rio importante poderia produzir esses aplainamentos e que seria preciso atribuí-los às enxurradas de que acabamos de falar; mas, assim como em muitos casos e sem que tenham havido mudança da natureza da rocha, a rampa cíclica, ao juntar as duas superfícies, sem apresentar a nitidez de um escarpamento de "cuestas", era, não obstante, bem marcada na paisagem e perfeitamente traduzida nos perfis que levantamos sôbre o terreno. Pensamos, pois, que a enxurrada, vinda da superfície de erosão superior precipita-se — concentrando-se em pequenos riachos, seguindo as linhas de fraca resistência — ao longo da vertente acentuada que marca a passagem entre as duas superfícies e produz uma erosão ligada à aceleração devida a êste declive, forma no sopé — pela velocidade adquirida — uma escavação, e continua o seu caminho estendendo-se lateralmente sôbre a superfície inferior, contribuindo para nivelá-la por erosão e com o material que deposita. Esta aceleração na base da vertente produz, no sopé, uma erosão mais acentuada e por conseguinte a rampa cíclica recua, mas o seu declive aumenta. Nos caminhos que descem esta rampa, êste fenômeno se traduz em terríveis escavações. Aquí, a enxurrada se concentra nas fossas laterais em correntezas que escavam profundamente o solo, produzindo ravinaamentos separados por cumes em forma de cristas, como se encontra nos "badlands". O mesmo fenômeno se produz quando trabalhos de cultura são iniciados nestas rampas, sôbre tudo se os sulcos acompanham o declive. Um simples atalho basta, às vêzes, para provocar a formação de uma voçoróca. A vegetação, impedindo a concentração destas correntezas sôbre as rampas, evita êstes ravinaamentos cujo efeito é extremamente rápido. Numa estação das chuvas,

(19) Francis RUELLAN, 67.

os sulcos, feitos na areia ou na argila de uma estrada com declive pela passagem dos veículos, são ravinados e às vezes uma estrada recém-construída torna-se intransitável durante a primeira estação das chuvas que se segue à sua construção.

VI. Na zona semi-árida, as enxurradas têm um papel importante ao lado dos lençóis de água fluvial. — Quando se passa da zona dos campos para a *zona semi-árida*, o número de riachos que desaparecem durante a estação seca aumenta; mesmos os rios cessam de correr e se transformam em um rosário de lagoas. Também não é raro que só os rios muito importantes mantenham o seu curso. Na zona vizinha à cachoeira de Paulo Afonso, no rio São Francisco, só este grande rio possui água por ocasião da estação seca e, fortemente encaixado — fazendo por conseguinte descer o nível hidrostático —, éle passa como um estranho no meio de uma paisagem semi-desértica, onde o solo é, às vezes, limpo, outras coberto de árvores e arbustos espinhosos da catinga ou simplesmente pontilhado de plantas oleíferas de raízes profundas. Os rios afluentes, durante sua curta existência da estação seca, desaguam no grande rio pelos "cañons".

Esta zona semi-árida compreende essencialmente a região Nordeste do Brasil, embora penetre profundamente no Vale do São Francisco e, em certos anos, durante alguns meses (sobretudo em agosto, setembro e outubro) chegue a atingir também os vales a montante de Pirapora.

Na margem direita do São Francisco, atrás da Serra do Espinhaço e da Chapada Diamantina, produz-se uma espécie de "foehn" e a catinga espinhosa atinge 15 graus de latitude sul. Mais ao sul, vêmo-la sobre os fragmentos calcáreos em relêvo.

Nesta zona semi-árida, a evolução do relêvo, sob a influência das enxurradas, se processa nessa forma que acabamos de descrever. As vezes, estes lençóis de água agem apenas durante alguns meses e a sua ação varia de um ano para o outro, pois o clima do Nordeste do Brasil é muito irregular, de sorte que ficam muitos produtos detriticos no solo.

Por outro lado, vemos surgir, nas superfícies niveladas pelos lençóis de água, depressões formadas que nem sempre correspondem tôdas a calcáreos ou a arenitos calcáreos.

Nos granitos a biotita, em particular, a desagregação e a decomposição progridem nas depressões pantanosas, ou mesmo, ao redor das lagoas que permanecem depois da estação das chuvas. Quando escavamos estas depressões, encontramos um solo argiloso muitas vezes explorado pelas olarias. A diferença de nível, entre a borda e o fundo da depressão, é mais ou menos de um metro, segundo

nossas observações. Quando escavadas, estas depressões podem ser usadas para conservar água, embora a evaporação seja muito intensa.

O declive extremamente fraco das superfícies modeladas nos terrenos granito-gnáissicos exclue toda e qualquer interpretação de pedimento; podem, porém, ao contrário, tratar-se da ação das enxurradas. Vemos, tal como na região dos campos, rampas cíclicas separando superfícies de erosão nitidamente diferenciadas e modeladas em rochas semelhantes àquelas destas superfícies.

O escarpamento de mósas, de chapadas ou planaltos horizontais, os de "cuestas" e de falhas, evoluem também como na zona dos campos, mas com um acréscimo ainda maior da erosão mecânica elementar.

As formas são ásperas e as paredes dos escarpados muito rochosas. Há, enfim, verdadeiros pedimentos mais ou menos importantes da mais pura forma clássica de maciço, de paredes abruptas, mas muito dissecadas pelo escoamento superficial, tendo à frente, um "glacis" (20), onde a rocha é talhada pela correnteza anastomosada que varre uma grande superfície e a regulariza, deixando-lhe quase sempre um relativamente forte declive de 2 a 3 graus em média (21), seguido de uma planície de "piedmont" denominada "bajada", formada pela coalescência das construções sedimentárias, enfim, por uma depressão úmida ou "playa", não muito frequente no Nordeste do Brasil (22). Às vezes, é o próprio rio São Francisco ou outro rio exageradamente largo com margens pantanosas, que recebe as águas.

Um pedimento apresenta-se, pois, como uma verdadeira superfície de abrasão continental ao pé de um escarpamento, sensivelmente inclinado para o exterior, produzido pelos escoamentos superficiais que se estendem em lençóis, mas cuja água de chuva sofreu, primeiro, uma concentração nas torrentes da montanha (23).

Há uma grande diferença com as superfícies de aplainamento produzidas pelos lençóis de água corrente que não têm, forçosamente,

(20) PEDIMENTO, que vem de "pedimentum" (isto é, ornato) possui geralmente, forma triangular e encima fachadas, portas, janelas ou nichos. Em geomorfologia, o sentido é bem diferente, de vez que o pedimento longe de coroar o escarpamento é um "glacis" que se acha no sopé. Buscando um termo de arquitetura, dir-se-ia, talvez, um adro; estes lugares, porém, situados diante das igrejas são, geralmente, horizontais. Será melhor, pois, falarmos de "glacis".

(21) Segundo Eliot BLACKWELDER, 8, p. 137, o declive dos pedimentos do SW. dos Estados Unidos é de 1.º a 7.º; o declive médio é de 2º30', pouco ultrapassam 3º30' de declive.

(22) Henri BAULIG, 4; Pierre BIROT, 6, 7; Eliot BLACKWELDER, 8 Kirk BRYAN, 10, 11; C. A. COTTON, 13, 14, 15; William Morris DAVIS 16, 17; Jean DRESCH, 18, 19; Norman E. A. HINDO, 32; Douglas W. JOHNSON, 36; Fernand JOHY, 37, p. 123-124; Lester KING, 38, 39; M. J. MAC GEE, 43; J. L. RICH, 51, p. 1.003; Philip C. WORCESTER, 75, p. 250.

(23) André CHAILLUX 12; T. J. D. FAIR, 21; A. D. HOWARD, 33; Paul MACAR, 42, p. 74; SNYDER and PASCHALL, 71, p. 94.

como ponto de partida, o sopé de um escarpamento e que já são lençóis por sua origem pluvial. Notemos, ainda, que os pedimentos têm frequentemente um relêvo acentuado pela dessecação produzida pelo escoamento superficial concentrado. Esta escavação pode atingir até uma dezena de metros de profundidade. Os pedimentos, mais frequentemente que a superfície de aplainamento das enxurradas, são encimados pelos "inselbergs" provenientes da destruição do relêvo montanhoso. Enfim, sobre a estreita camada de detritos que recobre os pedimentos, que é retomada pelo rio que deles se encarrega, contribuindo desse modo à erosão e ao nivelamento da superfície, resta o vestígio dos regatos e as anastomoses dos leitos e braços dos rios.

Em resumo, não podemos falar de pedimentos no Nordeste do Brasil, salvo onde a ação dos lençóis *fluviais* é nitidamente marcada. É, em suma, o resultado da erosão lateral dos rios sobrecarregados, que se estendem ao pé das montanhas (24). Notemos, além disso, que esses pedimentos são, certamente, muito numerosos no Nordeste do Brasil, como pudemos constatar quer pela observação direta do terreno, quer estudando as fotografias aéreas. Aí se encontram também pedimentos embutidos dentro de outros pedimentos, o que é normal em virtude dos movimentos epeirogênicos de conjunto e das dobras de fundo que afetaram esta região (25).

Por outro lado é certo que a dessecação foi mais acentuada outrora do que hoje em dia. Temos a prova disso no cretáceo superior, pela natureza e distribuição dos depósitos lacustres antigos, pelas camadas de estratificação entrecruzada, pelas madeiras petrificadas, pela fauna, etc. A região árida e semi-árida cobria, então, uma grande área nos planaltos brasileiros. É preciso, pois, ter em conta as construções dos pedimentos feitos durante esse período. Notemos imediatamente que estas formas interessam também as regiões elevadas, as que correspondem à superfície dita neogena de 800-900 metros, e que, neste caso, elas são, por conseguinte, posteriores ao "maximum" dos dobramentos de fundo transversais e, pelo contrário, anteriores ao grande movimento epeirogênico de conjunto do escudo brasileiro (26).

Mas, na era terciária, houve igualmente uma fase de desorganização da rede hidrográfica com numerosas bacias fechadas, algumas de origem tectônica.

Nestas regiões, novos pedimentos surgiram, mesmo na zona atualmente clima tropical úmido. Este problema dos climas antigos

(24) Eliot BLACKWELDER, 8.
Douglas W. JOHNSON, 36.
Philip G. WORCESTER 75, p. 252-254.

(25) Francis RUELLAN, 67.

(26) Francis RUELLAN, 57, 67.

merece uma série de estudos regionais, mas é evidente para dar um exemplo concreto — que o depósito dos calcários da catínga supõe uma concentração considerável das matérias minerais contidas na água e está ligado ao clima semi-árido ou árido. Seu nível corresponde a 450-500 metros (nível de Pirapora), ou menos. É preciso, pois, dar grande atenção à possível origem pedimentária das superfícies aplainadas, talhadas na rocha viva a montante dos depósitos calcários, como podemos observar na orla da Chapada Diamantina e do Espigão Mestre. A evolução destes antigos pedimentos é continuada, hoje em dia, pelas enxurradas pluviais.

No baixo São Francisco, os depósitos terciários que atingem frequentemente 450-500 metros são, sem dúvida alguma, contemporâneos dos calcários das catíngas. Eles formam "rasos" ou campos detriticos desertos, muito característicos, hoje, isolados em planaltos pela escavação dos rios. São antigas "bajadas" ou mesmo fundos de "playa" em relação com os antigos pedimentos dos maciços montanhosos vizinhos (27).

Mas nestas zonas semi-áridas não se deve relacionar todos os aplainamentos à pedimentação. As chuvas muito fortes dão lençóis que encontram um solo amudado onde as areias granito-gnáissicas alternam-se com as areias provenientes da decomposição dos arenitos e das argilas arenosas que vêm dos xistos. Os "inselbergs" são frequentes, erguidos no meio de imensas regiões aplainadas que não possuem um declive bem definido como os pedimentos e onde não há tão pouco, rios que possam explicar o trabalho de aplainamento através de uma rede anastomosada. São, por conseguinte, essencialmente as enxurradas pluviais que fazem este trabalho de peneplanização, varrendo todo o material detritico.

Quando nos aproximamos do litoral, onde as chuvas são mais abundantes, a ação destes lençóis no modelado se intensifica e o papel da pedimentação diminui. Observando a disposição das antigas depressões fechadas, vê-se também que a rede do Nordeste se reorganizou depois do último período seco e que a ação das enxurradas pluviais também aumentou, enquanto que a pediplanação e a formação de "bajadas" perdiam o seu papel preponderante.

Há, enfim, sobre áreas imensas do Brasil um lençol de seixos rolados de quartzo, muitas vezes reduzido a uma espessura de apenas alguns seixos e que atingem em outros lugares uma espessura de alguns metros. Encontramos desses lençóis em regiões onde os rios já não carregam atualmente seixos rolados e mesmo lugares onde não existe a menor relação com o atual traçado dos rios. Em certos pontos (28), é um verdadeiro manto de pedregulhos que cobre o

(27) Francis RUELLAN, 67.

(28) Avclino Ignácio de Oliveira e Othon Henri LEONARDOS, 49.

relêvo e espora as suas formas. A posição dos seixos rolados nos cumes das colinas ou sobre as suas vertentes é tal que só podem pertencer a uma época recente, anterior às últimas retomadas da erosão, pois os vales atuais cortam o seu lençol. Somos levados a supôr um período mais úmido, uma espécie de delúvio, durante o qual as enxurradas pluviais houvessem sido mais frequentes e mais volumosas, lavrando os fragmentos de quartzo que provêm de numerosos filões que penetram o escudo brasileiro. Corresponde, talvez, a essa fase úmida, o lago quaternário de Joazeiro (29), cujos limites parecem coincidir mais ou menos com a curva de nível atual de 400 metros, e cujo dessecamento parece estar ligado ao nível de Joazeiro (360-380 m). Como os depósitos argilosos deste período não podem estar associados a um clima sêco, é preciso pensar que a erosão das enxurradas pluviais foi particularmente ativa e contribuiu poderosamente para a regularização da superfície que corta, neste lugar, o cristalino; é muitas vêzes uma verdadeira planície de erosão.

VII. Conclusão — A ação das enxurradas e o problema dos antigos climas. — Os autores por nós consultados não abordaram diretamente o problema que acabamos de estudar, mas dedicam alguns capítulos ao "rainwash" ou "sheetwash" (30) (literalmente, "lavagem pela chuva"), que corresponde, parece, às nossas enxurradas pluviais (31). Quanto ao "sheetflood", é a inundação em forma de lençol, isto é, o transbordamento e a consequente inundação de um ou mais rios. É um lençol que não se forma pela ação direta de uma chuva violenta, mas, sim, pela concentração preliminar das águas caídas numa rede de regatos e rios. A formação de pedimentos parece ligar-se à inundação em lençol.

Estes dois agentes de erosão estão evidentemente ligados, difíceis de distinguir em relação aos pequenos canais ou mesmos riachos; mas eles não trabalham nas mesmas condições quando se trata de rios que transbordam. Uma diferença bem patente aparece, sobretudo, quanto à sobrecarga, relativamente fraca para as enxurradas pluviais ou "rainwash", forte, ao contrário, quando se trata de lençóis de inundação fluvial (32). Pensamos, assim, que é necessário distinguir bem as duas ações, pois a inundação em forma de lençol, proveniente das grandes enchentes dos rios, não existe exclusivamente na zona árida; observámo-la, também, na zona dos campos, onde a estação sêca dura meio ano; sem falar na zona tropical

(29) Boris BRAJNIKOV, 9 pag. 103.

(30) N. N. FENNEMAN, 22.

(31) É o escoamento pluvial difuso de Baulig (3, p. 126). Mas também é preciso notar que durante os aguaceiros tropicais, o escoamento superficial não conserva a forma de filetes d'água minúsculos, como observou Baulig nos países temperados, mas estendem-se em lençóis contínuos.

(32) Henri BAULIG, 3 pg. 81; 4 pg. 99.

úmida onde ela se produz várias vezes por ano, no sopé das montanhas. No Rio de Janeiro, por exemplo, observamos contemporaneamente a ação das enxurradas e a ação do lençol de inundação fluvial (33), cuja erosão e aluvionamento são mais violentos, mas também mais limitados.

O objeto deste estudo não é fazer um relatório exaustivo, que exigiria maior número de exemplos, mas chamar a atenção dos estudiosos para o papel dessas enxurradas, cuja ação depende da intensidade das chuvas e da preparação dos materiais detríticos nos intervalos desses aguaceiros. Os climas tropicais de estação seca e úmida alternadas e os climas de monções constituem o domínio privilegiado da ação desses lençóis. Em presença de uma rede fluvial pouco densa, de subsolo permeável, porque os produtos clásticos grosseiros, mais ou menos consolidados, são aqui mais numerosos que as argilas compactas, o escoamento superficial em lençol é mais importante do que o escoamento superficial organizado e hierárquico. Vêmo-lo de imediato quando o afloramento de argila aparece excepcionalmente com seu conjunto de pequenos vales que podem ficar secos durante muitos meses, mas que funcionam como coletores desde a primeira chuva.

Nas regiões menos impermeáveis, ao contrário, é a enxurrada pluvial que desce as vertentes, aumenta de volume nos sopés e faz, ao passar, um trabalho de limpeza e de nivelamento até a primeira ruptura do declive. Precipita-se, em seguida, sobre as rampas que ela erode e ravina, para continuar depois levando consigo todos os materiais que arrancou e dos quais ela deposita os mais grosseiros. Isso continua até que o lençol de água encontre uma pequena depressão alongada no sentido do declive, um simples sulco, muitas vezes, mas que fará o papel de coletor — inicialmente pouco profundo, mas que depois apresenta ravinamentos de "badlands".

De toda parte virão lençóis de água juntar-se, seja a um rio cujo volume aumenta desmesuradamente de repente, seja a um lago cujo nível eles farão subir, seja ao mar. Seu trabalho de erosão e de sedimentação, feito em função de cada ruptura de declive, o qual constitui um nível de base local, terminará no coletor cu, mais exatamente, no nível que ele atinge quando um violento aguaceiro o avoluma.

Pensamos, assim, que a perfeição das formas planas de inúmeras superfícies de erosão no Brasil e em muitos outros países tropicais ou de monções (34) não possui outra causa. Não é a

(33) Eng. Icarahy da SILVEIRA, 70.

(34) O efeito dos grandes aguaceiros não é desconhecido nos países temperados, porém eles são mais raros.

erosão fluvial que as produz, pois ela não aplaina senão em circunstâncias especiais do solapamento lateral, mas é a erosão das enxurradas pluviais, completando a obra da meteoração e da igualização da massa de detritos embebida de água. O caráter espasmódico dos aguaceiros e das enxurradas, que êles provocam, não deve tornar desprezível a sua ação. Como em muitos outros fenômenos e inclusive o da erosão fluvial, uma ação violenta e de curta duração dá resultados mais importantes do que dezenas de anos de erosão lenta. (35).

Isto nos leva a propôr o problema da origem de certas superfícies muito aplainadas (36) de regiões do globo, onde os aguaceiros são, hoje, muito fracos para formar enxurradas frequentes e eficazes. Não se trata aqui de formas ligadas a antigos climas, que a natureza dos depósitos superficiais e às vêzes, também, os fósseis nos permitem precisar? (37)

Nós aproveitamos a ocasião do Congresso Internacional de Geografia, reunido em Washington, em agosto de 1952, para propôr esse problema, pois pensamos que, entre a erosão fluvial propriamente dita e a que produz os pedimentos nas regiões áridas e semi-áridas, há oportunidade, nas regiões submetidas a fortes aguaceiros, de lhe dar um lugar mais importante do que se tem dado até hoje (38) à erosão das enxurradas pluviais.

BIBLIOGRAFIA

- 1 — ALMEIDA (Fernando M. de) — *Relatório de "cuestas" na bacia sedimentar do Rio Paraná*. — Bol. Paul. de Geog. N.º 3, out. de 1949, p. 21-33. 1 carte h. t. 1 pl. de coupes.
- 2 — BAILEY (Reed. W.) — *A new Epicycle of Erosion*. — Journal of forestry, vol. 35, N.º 11, 1937, p. 999.
- 3 — BAULIG (Henri) — *Essais de géomorphologie*. — X 157 p., 1 carte, 5 fig. Les Belles Lettres, Paris, 1950.
- 4 — BAULIG (Henri) — *Géomorphologie davisienne*. — L'information géographique, 15 année, N.º 3, mai-juin 1951, p. 93-100.
- 5 — BIROT (Pierre) — *Essai sur quelques problèmes de morphologie générale*. — IV + 176 p., 29 fig. Lisbonne, 1949.
- 6 — BIROT (Pierre) — *Sur le problème de l'origine des pédiments*. Comptes rendus du Congrès intern. de Geog. Lisbonne 1949. — t. II, p. 2-18. Lisbonne, 1950.

(35) André CAILLEUX, 12 p. 255, citando uma carta de L. C. KING.

(36) J. L. RICH, 52.

(37) Pierre BIROT, 5 p. 74-75.

(38) Entre os autores que deram muita importância a esta ação erosiva convém destacar, de maneira particular: Henri BAULIG 3 p. 82-84; p. 134-142. N. N. PENNEMAN, 22; A. C. LAWSON, 40.

- 7 — BIROT (Pierre) — *Sue les reliefs granitiques en climat sec.* Bull. de l'Assoc. de Geog. Franç. N.º 220-221; nov-dec. 1951. p. 138-141.
- 8 — BLACKWELDER (Eliot) — *Desert Plains.* — Journ. Geol. Vol. 39, 1931, p. 133-140.
- 9 — BRAJNIKOV (Boris) — *Alguns aspectos geológicos e geográficos do Rio São Francisco.* — MINISTRO DA AGRICULTURA. Anuário Fluviométrico N.º 6, p. 93-107, 1 carte et 3 graph. h. t. Belo Horizonte, 1945.
- 10 — BRYAN (Kirk) — *Processes of formation of pediments at Granite Cap.* — New Mexico, Zeitschs. Geomorphologie Band 9.
- 11 — BRYAN (Kirk) — *The formation of pediments* — XVIe Cong. Geol. Intern. Washington 1933, publié en 1935.
- 12 — CHAILLEUX (André) — *Écoulements liquides en nappes et aplanissements.* Revue de géomorph. dynamique, N.º 6, 1 année 1950 p. 243-269, 5 fig. 2 tableaux.
- 13 — COTTON (C. A.) — *Climatic accidents in landscape making.* — 1942, p. II-73.
- 14 — COTTON (C. A.) — *Landscape.* — XVIII + 361 p; 214 fig. 44 planches de 2 photos. — Cambridge University Press; London: Bentley House, 1941.
- 15 — COTTON (C. A.) — *Geomorphology.* — 5th edition, 505 p., 473 fig. out photo. John Wiley and Sons, New York, 1949.
- 16 — DAVIS (William Morris) — *Rock floor in arid and in humid climates.* Journ. Geol. 38, 1930, p. 136-158.
- 17 — DAVIS (William Morris) — *Scheetfloods and streamfloods.* — Bull. Geol. Soc. America, 49, 1938, p. 1337-1410.
- 18 — DRESCH (Jean) — *Les surfaces de piémont dans les Djebilet et le Massif Central du Grand Atlas.* — C. R. Cong. Int. Géol. Amsterdam, 1938.
- 19 — DRESCH (Jean) — *A propos des pédiments en Afrique méditerranéenne et tropicale.* — XVI Cong. Intern. Geol. Lisbonne, avril 1949.
- 20 — ERDJART (II.) — *Traité de Pédologie.* T I, 203 p. — Strasbourg, Institut pédologique, 1935.
- 21 — FAIR (T. J. D.) — *Killslopes and pediments in the semi-arid Karroo.* — S. A. Geog. Journal. 30, 1948.
- 22 — FENNEMAN (N. M.) — *Some features of erosion by unconcentrated wash* — Journal of Geol. XVI, 1908, p. 746-754.
- 23 — FREISE (Friedrich W.) — *Über die Erosion des brasilianischen Küstenwald Forstwirtschaftliches Centralblatt.* — I., 1934, p. 231 e seguintes.
- 24 — FREISE (Friedrich) — *Brasilianische Zuckerhutberge.* — Zeitschrift für Geomorphologie, B. VIII, H. 2, p. 49-66, 4 fig. 1 pl. Leipzig, 1933.
- 25 — FREISE (Friedrich W.) — *Erscheinungen des Erdfließens in Tropenwäldern, Beobachtungen am Brasilianischen Küstenwald.* Zeitschrift für Geomorphologie. Leipzig, 1935.
- 26 — FREISE (Friedrich W.) — *Bodenverkrustungen in Brasilien.* Zeitschrift für Geomorphologie, B. IX, H. 6 p. 233-248, Leipzig, 1936.
- 27 — FREISE (Friedrich W.) — *Inselberge und Inselberglandschaften in Granit- und Gneisgebiet Brasiliens.* — Zeits. f. Geomorphologie, B. X, H4 und 5, p. 137-168, Leipzig, 1938.
- 28 — FREISE (Friedrich W.) — *Der Ursprung der brasilianischen Zuckerrhutberge.* Zeits. f. Geomorphologie, B. XI, II. 2 und 3. p. 92-112, Leipzig, 1940.

- 29 — FURON (Raymond) — *L'érosion du sol.* — 218 p., 24 fig. et 16 photo. h. t.
- 30 — GUIMARÃES (Fabio de Macedo Soares) — *A Bacia terciária de Resende.* — Décima oitava tertúlia semanal, realizada a 18 de maio de 1943. — Boletim Geográfico, ano I, outubro de 1943, n. 7, p. 71-74.
- 31 — GEIGER (Pedro) — *Relatório geral da Excursão dirigida pelo Prof. Francis Ruellan, de Curitiba a Guarapuava* Bol. Geog. Ano II, 3. 1945, N.º 24, p. 1929-1936.
- 32 — HINDS (Norman E. A.) — *Geomorphology.* — Prentice-Hall, Inc. New York 1943, 894 p., 94 cartes, 93 fig., 598 photos.
- 33 — HOWARD (A. D.) — *Rocky Mountains peneplanes or pediments.* Journ. of Geomorph. 4, 1941, p. 138-141.
- 34 — JACQUES-FELIX (H.) — *Géographie des dénudations et dégradations du sol au Cameroun, conditions physiques et humaines* Min. de la France d'Outremer, Section Technique d'agriculture tropicale, Bull. scient. N.º 3, in-4, 128 p. 16 pl. phot, 1950. Nogent-sur-Marne, 500 frs.
- 35 — JAMES (Preston E.) — *The surface configuration of Southeastern Brazil.* Assoc. of Amer. Geographers, Annals, v. 33, N.º 3, p. 165-193, 15 fig. Albany, 1933.
- 36 — JOHNSON (Douglas W.) — *Rock plains of arid regions.* Geog. Rev., vol. 22, P. 656-665, 1932.
- 37 — JOLY (Fernand) — *Pédiments et glaciais d'érosion dans le Sud-Est du Maroc.* — Comptes rendus du Congrès intern. de Géog. Lisbonne 1946. t. II, Travaux des sections II et III, p. 110-125. 1 carte, 4 photo. Lisbonne 1950.
- 38 — KING (Lester C.) — *The pediment landform: some current problems.* Geol. Mag. v. 86, N.º 4, p. 245-250, 1949.
- 39 — KING (Lester C.) — *On the ages of african lands surface.* Quart. Journ. t. CIV, p. 439-459. 12 July 1949.
- 40 — LAWSON (A. C.) — *Rainwash erosion in humid region* — Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 43, sept. 1932, p. 703-724.
- 41 — LEUZINGER (Victor Ribeiro) — *Controversias geomorfológicas.* — in 8; 207 p., 17 fig. Rio de Janeiro, 1948.
- 42 — MACAR (Paul) — *Principes de géomorphologie normale.* 304 p., 212 fig. Masson et Cie, 1946.
- 43 — Mc GER (W. J.) — *Sheetflood erosion.* Bull. Geol. Soc. Amer. V. 18, P. 87-112. pl. 10-13, fev. 1897.
- 44 — MARTONNE (Emmanuel de) — *Sur le modelé tropical au Brésil.* — C. R. Ac. Sciences Paris, 21 mars 1938, t. CCVI, N.º 12, P. 926-928.
- 45 — MARTONNE (Emmanuel de) — *Sur la formation des pains de sucre au Brésil.* Comptes rendus, Acad. Sci. Paris, t. CCVIII, N.º p. 1163-1165, Paris, 1939.
- 46 — MARTONNE (Emmanuel de) A — *Problèmes morphologiques du Brésil tropical Atlantique.* Primeiro artigo, com 1 mapa e 3 pranchas fot. fora do texto, 7 fig. no texto — Annales de Géographie n.º 277 — ano XLIX — janeiro-março, 1940 p. 1-27. Segundo artigo, com 5 pranchas, fot. fora do texto e 5 fig. — Annales de Géographie, ano XLIX, abril-setembro, 1940. Números 278-279, p. 106-129.
B — *Problemas morfológicas do Brasil tropical atlântico.* — Revista Brasileira de Geografia. Primeiro artigo, ano V, N.º 4, outubro-dezembro de 1943, p. 523-550; mesmas ilustrações. — Segundo art., Ano VI, N.º 2, abril-junho 1944, p. 155-178; mesmas ilustrações

- 47 — MINISTERIO DA AGRICULTURA -- Serviço de Meteorologia. — *Normais Climatológicas*. — 167 p. Rio de Janeiro, 1941.
- 48 — MINISTERIO DA AGRICULTURA — *Atlas Pluviométrico do Brasil (1914-1918)* — Bol. N.º 5, 1948; in folio — 6 p. de texto, 5 tableaux, 26 cartes.
- 49 — OLIVEIRA (Avelino Ignacio de) e LEONARDO (Othon Henry). — *Geologia do Brasil*. 2.ª edição refundida e atualizada, XIX — 813 p., 202 fig. no texto, 151 fot. e mapa em 9 cores a 1: 5.000.000 fora do texto. Ministerio da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola — Série didática, N.º 2 — 1943.
- 50 — PAES LEME (Alberto Betim) — *História Física da Terra (vista por quem a estudou no Brasil)*. — 1020 p.c/ prefácio de R. Roquette Pinto. C/ 41 figuras, 6 cartogramas e 251 fot. no texto. Rio de Janeiro — F. Briguiet e Cia Editores — 1943.
- 51 — RICH (J. L.) — *Origin and evolution of rock fans and pediments* Bull. Geol. Soc. Amer. V. 46, p. 999-1024, fig. I-II, 1935.
- 52 — RICH (J. L.) — *Recognition and significances of multiple erosion surfaces*. Bull. Geol. Soc. Amer. v. 49, p. 1695-1722, fig. I-II, 1938.
- 53 — RUELLAN (Francis) — *La décomposition et la désagrégation du granite à biotite au Japon et en Corée et les formes du modèle qui en résultent*. B — Compte rendu du Congrès International de Géog. 1931, t. II, 1er fasc., p. 670-684. 7 photos, 3 planches phot. I carte, 2 croquis. A — Compte rendu des séances de l'Académie des Sciences de Paris: séance du 6 juillet 1931, p. 67-69.
- 54 — RUELLAN (Francis) — *Le typhon du 21 sept. 1934 au Japon*. — Bull. Assoc. géogr. franc. N.º 90, juil-oct. 1935, séance du 4-7-1935. p. 102-109.
- 55 — RUELLAN (Francis) — *Le Kwansei*. — Etude geomorphologique d'une région japonaise. Illustrée de 184 cartes, graphiques, croquis et gravures dans le texte, de 52 pl. h. y. contenant 253 reproductions en prototype et d'un Atlas contenant des cartes en 8 couleurs, des planches et des profils, de diagr., perspectifs assemblages, et un index des noms et des lieux. IX-821 p., grand in-8 soleil. Tours, Arrault, 1940. Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences, Prix IIRN en 1942.
- 56 — RUELLAN (Francis) — *Comunicação sobre a excursão a Campo Belo e a Itatiaia*. — A — 19a tert. sem. du 25-5-43. Bol. C. N. G. ano I, oct. de 1943, N.º 7, p. 76-78. — B — 20a ter. sem. du 1er juin 1943. Bol. C. N. G. ano I, oct. de 1943, N.º 7, p. 78-80.
- 57 — RUELLAN (Francis) — *Comunicação sobre os problemas a serem estudados na bacia do São Francisco*. — 26a tert. sem. 15-43. Bol. géog. ano I, N.º 8, nov. 1943, p. 111-114.
- 58 — RUELLAN (Francis) — *A origem da Serra do Curral del Rei e dos diversos níveis observados*. — 60a tert. sem. 11-4-44. Bol. géog., ano II, N.º 15, junho de 1944, p. 345-346.
- 59 — RUELLAN (Francis) — *Observações sobre as formas cársticas dos arenitos de Vila Velha e sobre as dolinas de "ovens" (poços) dos arredores de Ponta Grossa*. 87a tert. sem. 28-11-44. Bol. géogr. ano II, N.º 21, dez. de 1944, p. 1379.
- 60 — RUELLAN (Francis) — *A evolução geomorfológica da Baía de Guanabara e das regiões vizinhas*. — Rev. Bras. de Geogr. ano VI, N.º 4, out-dez. de 1944, p. 445-508. 2 cartes geomorph. et reprod. de 2 cartes anciennes h. t. 8 cartes, diagrammes et graphiques dans le texte. XXVII planches de 78 fotogr. h. t.

- 61 — RUELLAN (Francis) — *Quelques problèmes de l'expédition chargée de trouver des sites pour la nouvelle capitale des Etats Unis du Brésil.* — Bull. de l'Assoc. des géogr. français, N.º 194-195 — Mai-Juin 1948, 12 pages.
- 62 — RUELLAN (Francis) — *Les surfaces d'érosion de la Région Sud-Orientale du plateau central brésilien.* Compte rendu du XVI Congrès international de géographie de Lisbonne, Avril 1949, p. 659-673, 10 planches de 19 photos, 1 carte h. t.
- 63 — RUELLAN (Francis) — *A região do vale do Paraíba e a serra do Mantiqueira.* — Excursão "B" de la Reunião Pan-Americana de Consulta sobre geografia, 43 4 p, 6 cartes h. t., Rio de Janeiro, 1949.
- 64 — RUELLAN (Francis) — *Excursão a Teresópolis.* Guia 17p. 1 carte geomorphologique h. t. 4 diag ou dessins h. t. Rio de Janeiro, Serviço gráfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística sept. 1951.
- 65 — RUELLAN (Francis) — *Note préliminaire sur un plissement rencontré entre Pirapora (Minas Gerais) et Formosa (Goiás).* — Communication faite à l'Académie Brésilienne des Sciences le décembre 1951. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 24, N.º I, 31 mars de 1952 p.
- 66 — RUELLAN (Francis) — *Alguns aspectos do Relêvo no Planalto Central do Brasil.* Anais da Ass. dos Geogr. Bras. Vol. II, 1947, p. 17-28, 8 photo.
- 67 — RUELLAN (Francis) — *Le rôle des plis de fond dans le relief du bouchier Sud-Américain.* — Comm. au Congrès int. de géol. Alger 1952, 28p. dactyl. 1 carte.
- 68 — SAINT-HILAIRE (Auguste de) — *Voyage dans les Provinces de Rio de Janeiro et de Minas Gerais.* — 2 vol. XVI 458 p. 1 grav.
- 69 — SETZER (José) — *Noções gerais de pedologia.* — Bol. geog., Ano II, 3. 1945, N.º 24, p. 1904-1922, 4 cartes.
- 70 — SILVEIRA (Eng. Icarahy da) — *Considerações sobre o problema da erosão e desmonte natural.* — Revista municipal de Engenharia, P.D.F., Secretaria Geral de Viação e Obras, vol. X. outubro de 1943, N.º 4, p. 250-258, 8 fotograf. 9 desenhos e diagramas.
- 71 — SNYDER and PASCHALL. — *Report of Subcommittee on Erosion Terms.* Am. Soil. Surv. Ass. Bull. 17, 1946.
- 72 — STERNBERG (Hilgard O'Reilly) — *Euchentes e movimentos coletivos do solo no Vale do Paraíba em dezembro de 1948.* *Influencia da exploração destrutiva das Terras.* Rev. Bras. de Geog. Ano XI, 4-6-1949, N.º 2 p. 223-261, 5 cartes, 23 photo.
- 73 — TRICART (J.) — A — *Cours de géomorphologie Ire partie. Géomorphologie structurale.* — Centre de Documentation Universitaire, Tournier et Constans. Paris 1949. — B — *O Relêvo de Cuestas*, traduction de Orlando VALVERDE. — Bol. Geog. Ano VII, N.º 80, nov. de 1949, p. 885-896 et N.º 81, dez. de 1949, p. 1002-1035, 38 fig.
- 74 — WATBEL (Leo Heinrich) — *A vegetação e o Uso da Terra no Planalto-Central.* — Anais da Ass. dos Geog. Brasileiros Vol. II, 1947, p. 13-16.
- 75 — WORCESTER (Philip G.) — *A textbook of Geomorphology.* — 565 p., 375m fig. ou photo. — Chapman and Hall Ltd, London, 1939.