

## A REDE DE DRENAGEM NO CONTEXTO DA TEORIA GEOMORFOLÓGICA

Antonio Carlos VITTE<sup>1</sup>

### RESUMO

O presente artigo discute o papel das bacias de drenagem na teoria geomorfológica; sobre o papel do nível de base, perfil de equilíbrio, capturas fluviais e erosão regressiva, na teoria davisiana e na teoria geral de sistemas. Neste contexto, insere-se a problemática dos relevos estruturais como o Jurássico e o Apalachiano na teoria davisiana, enquanto que na teoria geral dos sistemas a problemática está condicionada à evolução do perfil das encostas.

*Palavras-chave:* Teoria geomorfológica; teoria geral dos sistemas; rede de drenagem; nível de base; capturas fluviais.

### ABSTRACT

This article discusses the importance of basins of drainage in the geomorphological theory, the role of base level, profile of balance, fluvial capture and regressive erosion in Davis's theory and the systems of general theory. We discuss the problematic of structural relieves like the jurassic and the apalachian in Davis theory while the systems of general theory the problematic is conditioned to evolution of profile of the slopes.

*Key-words:* Geomorphological theory; systems of general theory; drainage network; base level; fluvial captures.

<sup>1</sup> Professor Doutor, Departamento de Geografia – UFPR, Laboratório de Geografia Física, Grupo de Pesquisa CNPD - Pedogeomorfologia e Hidrogeografia.

## INTRODUÇÃO

A rede de drenagem, sem qualquer dúvida, tem papel de destaque na esculturação do relevo, pois à medida em que os rios escavam os seus vales, todo um conjunto de feições topográficas é delineado. Em litologias uniformes ou semelhantes, por exemplo, a declividade e a extensão das vertentes estão intimamente relacionadas à densidade de drenagem. Tais fatos foram desde muito tempo percebidos pelos estudiosos do relevo e, por essa razão, os trabalhos relacionados com as redes de drenagem sempre tiveram destaque no âmbito das pesquisas geomorfológicas (CHRISTOFOLETTI, 1972).

## AS BACIAS DE DRENAGEM E A TEORIA GEOMORFOLÓGICA

Uma das preocupações da teoria geomorfológica é a formação e evolução das bacias fluviais, sendo que neste contexto se destacou a Teoria do Ciclo Geográfico, também designada por Ciclo da Erosão, proposta por William Morris DAVIS (1899), que procurou integrar e sistematizar os conceitos referentes à geomorfologia vigentes no fim do século XIX. Em analogia com os seres vivos, que possuem funções e aspectos que se sucedem do nascimento à morte, DAVIS atribuiu ao modelado as designações de juventude, maturidade e senilidade, conforme os aspectos apresentados nas diversas fases por ele preconizadas.

A fase de juventude teria início quando uma área, previamente aplanada, fosse soerguida em relação ao nível do mar, que seria o nível de base geral, onde desaguardariam os cursos de água. Um brusco soerguimento aumentaria consideravelmente a amplitude topográfica entre as nascentes e as desembocaduras dos rios, propiciando um acréscimo da energia potencial, responsável pela intensificação da atividade erosiva. Com isso, os rios passariam a aprofundar o talvegue e a constituir vales encaixados, dotados de vertentes íngremes. O trecho próximo da foz seria o primeiro a ser afetado e, a partir da desembocadura, a erosão iria atingir as porções superiores do canal principal, bem como de seus afluentes. O baixo curso do rio teria, progressivamente, diminuídas, a velocidade das águas e a declividade, enquanto ocorreria aumento da carga detritica. Haveria, então, diminuição de sua capacidade em trabalhar, à medida em que crescería o trabalho a ser executado. Na busca do perfil de equilíbrio, os rios expandiriam suas áreas de drenagem, através da erosão regressiva, em direção aos divisores de águas. Como a atividade erosiva seria, supostamente, controlada

pelo gradiente, nas vertentes assimétricas verificar-se-iam migrações dos interflúvios, acompanhadas de sucessivas capturas. Nos contatos entre as litologias de resistências diferentes, a onda erosiva possibilitaria o aparecimento de cascatas e saltos. Rupturas de declive também poderiam ocorrer na foz dos afluentes que não conseguissem acompanhar o ritmo do aprofundamento do vale principal. A magnitude do entalhe e a grandeza das irregularidades do perfil dependeriam sobretudo da amplitude do desnível inicial que deu início ao Ciclo Geográfico.

Na fase de maturidade, o excesso original da habilidade em trabalhar em relação ao trabalho a ser executado seria corrigido e, quando a igualdade entre ambos fosse atingida, o rio estaria equilibrado. O equilíbrio manifestar-se-ia através de uma condição balanceada entre erosão e deposição. Tal como uma vaga erosiva remontante, as condições de equilíbrio seriam alcançadas, pouco a pouco, a partir da foz. Quando os rios principais estivessem equilibrados, a maturidade inferior seria atingida e esta etapa estaria prestes a terminar quando o equilíbrio atingisse os afluentes e as cabeceiras de drenagem. O perfil de um rio equilibrado seria o perfil de equilíbrio que permitia o transporte mais adequado da carga detritica. Ele não se manteria constante, mas modificar-se-ia, lentamente, de acordo com o progresso do ciclo. Com a diminuição da erosão linear, as vertentes alargar-se-iam e tornar-se-iam mais suaves. Produzir-se-ia um lento escoamento dos detritos pela encosta que, na maturidade inferior, aumentariam em quantidade, mas na maturidade superior diminuiriam tanto em quantidade, quanto em granulometria. Os sedimentos acumular-se-iam, gerando as planícies alveolares e de nível de base. Neste estágio, a drenagem alcançaria seu pleno desenvolvimento. Atenuar-se-iam, paulatinamente, as rupturas de declive, quer ao longo do rio principal, quer nas confluências dos rios secundários. Realizar-se-iam as últimas capturas fluviais. O canal capturador, em função do aumento do débito, adquiriria características de rejuvenescimento ao reintensificar seu trabalho erosivo. Já o vale do canal capturado, com a diminuição do fluxo e do transporte de sedimentos, assumiria feições de maturidade avançada ou estágio senil, com a formação de vastas planícies de inundação, meandros e pântanos.

Quando até os canais temporários estivessem equilibrados, atingir-se-ia a senilidade. Durante a senilidade os rios transportariam detritos de textura extremamente fina ou carga em solução. As rupturas de declive, mesmo as sustentadas por rochas muito resistentes, desapareceriam e até as cabeceiras teriam declividades suaves e velocidades moderadas, inexistindo o aspecto torrencial. A planície de nível de base estender-se-ia ao longo dos vales principais em direção ao interior e fundir-se-ia com as planícies aluviais desenvolvidas nos alvéolos.

As planícies apresentariam larguras muitas vezes maior que o cinturão meândrico, por onde divagam as águas do rio. Surgiriam os meandros abandonados e os lagos a eles associados.

O rebaixamento dos interflúvios far-se-ia de modo lento e a superfície primitiva estaria praticamente desaparecida, restando apenas relevos isolados sustentados por litologias mais resistentes: os *monadnocks*. Estaria formada a peneplanície.

O ciclo da erosão compreende, portanto, um rápido soerguimento tectônico, seguido de um longo período de erosão, que se faz em função da amplitude entre as cabeceiras de drenagem e o oceano. A ação erosiva inicia-se a partir do nível de base e, gradativamente, se propaga pelo interior das massas continentais.

Como ponto controlador da erosão remontante, o nível de base adquiriu grande importância na teoria davisiana. Sua mudança, provocada por movimentos tectônicos e por movimentos eustáticos, nome dado por Henri Baulig às oscilações do nível do mar, seria responsável por retomadas erosivas ou por fases de entulhamento ao longo das bacias fluviais. Por ocasião das regressões marinhas, com o abaixamento do nível do mar, era deslocado o nível de base para jusante, provocando aumento da amplitude altimétrica. Em consequência, desencadeava-se uma retomada erosiva em direção de montante. Já por ocasião das transgressões marinhas, a elevação do nível oceânico recuava a desembocadura dos rios e favoreceria a deposição de sedimentos que entulhavam a calha fluvial. Em uma outra fase erosiva, o rio entalhava novamente o talvegue e, dessa forma, abandonava a planície de inundação, que podia permanecer, ao menos parcialmente, alçada sobre a nova calha fluvial, constituindo os terraços. Queremos lembrar que transgressões e regressões acompanharam os períodos glaciais e interglaciais. As rupturas de declive também eram invocadas como testemunhos de retomadas erosivas relacionadas às oscilações do nível de base, principalmente quando apresentavam relevos com características jovens à jusante e aspectos senis à montante e não fossem aparentemente explicadas por fatores estruturais.

As influências de DAVIS na primeira metade do presente século afetaram principalmente os estudos vinculados à denominada Geomorfologia Estrutural. Assim é que vários modelos evolutivos foram criados relacionados às diferentes tipologias estruturais. Nas estruturas dobradas, por exemplo, o modelo jurássico está intimamente vinculado à evolução da drenagem. Ele pressupõe a existência de dobras normais (plano vertical), dispostas paralelamente no terreno envolvendo uma alternância de camadas resistentes e tenras. O estágio inicial, logo após o dobramento, prevê a existência de vales correspondentes

aos sinclinais e de interflúvios sustentados pelos anticlinais. Os cursos cataclinais que se estabelecem nos flancos das dobras, em função do desnível existente, escavam profundas ravinas denominadas de *ruz*. O prosseguimento da erosão regressiva nos flancos permite a ocorrência de capturas das ravinas menores pelas maiores, o que leva à abertura de um vale transversal ao anticlinal: a **cluse**. Perpendicularmente à cluse e ao longo do anticlinal surgem novas ravinas, cujas atividades erosivas são aceleradas devido ao desnível forte que se estabeleceu do dorso do anticlinal à cluse. Após erodirem a camada resistente superior, o trabalho de escavamento do anticlinal é facilitado pela existência de uma camada tenra subjacente. Abre-se, dessa forma, novo vale disposto ao longo do primitivo divisor de águas: a **combe**. O entalhamento dos rios que percorrem a combe faz-se de modo mais rápido do que o escavamento dos vales sinclinais, pois nos primeiros, em princípio, o desnível entre as cabeceiras e o nível de base é maior e, posteriormente, eles passam a erodir a camada tenra. Desse modo, chega-se à inversão do relevo, porque a topografia dos anticlinais, pelo aprofundamento das combes, é postada abaixo dos sinclinais. Neste estágio ocorrem as capturas dos rios que percorrem os sinclinais pela drenagem que se aprofundou nos anticlinais.

A evolução do relevo falhado é ilustrada por explicações semelhantes. Segue-se à ocorrência do falhamento a criação de uma escarpa de falha, que passa a ser entalhada por uma série de ravinas. O desnível inicial favorece a erosão acelerada. À medida que o ciclo erosivo evolui, o primitivo espelho de falha assume formas trapezoidais que se transformam progressivamente em triangulares. Com o transcorrer do tempo, a erosão regressiva propicia o recuo da escarpa para bem além da linha de falha, reduz as facetas triangulares, desmantela o desnível existente e leva à nivelação do terreno. A erosão regressiva e os processos de captura também são utilizados para explicar, por exemplo, o desmantelamento do *front* de um relevo de *cuestas*, com o conseqüente aparecimento dos morros testemunhos, que se posicionam adiante das escarpas.

Após o acentuado predomínio das teorias cíclicas, apresentadas como seqüências de fases evolutivas e irreversíveis, as últimas décadas têm apresentado concepções teóricas que divergem fundamentalmente dos pontos de vista da teoria davisiana.

A teoria dos sistemas gerais tem fornecido embasamento teórico aos estudos geomorfológicos, permitindo reexaminar as concepções predominantes nesse ramo do conhecimento científico. Nesse sentido destacam-se as contribuições de STRAHLER (1950, 1952), CHORLEY (1971), HACK (1972), HOWARD (1973), MULL (1978) e GRAF (1978). Entre nós, convém destacar que a abordagem sistêmica sobressai nos estudos de

CHRISTOFOLETTI (1976, 1977, 1978a, 1978b, 1979), CHRISTOFOLETTI e TAVARES (1977).

A abordagem do modelado terrestre sob a perspectiva do equilíbrio dinâmico considera o relevo como um sistema aberto, cujas formas deverão estar ajustadas aos fluxos de massa e energia que circulam através do sistema em questão. Tais fluxos identificam-se na natureza com os processos morfogênicos e são controlados por variáveis externas do sistema. Isto significa que em um sistema equilibrado, enquanto as condições externas permanecerem imutáveis através do tempo, permitindo a continuidade dos fluxos, as formas de relevo serão conservadas.

O termo equilíbrio, todavia, tem diferente significado daquele empregado na teoria do ciclo geográfico. Para DAVIS, o equilíbrio seria atingido quando houvesse um balanço entre o material detrítico fornecido ao curso pelas cabeceiras e a capacidade do rio em transportá-lo. Ele deveria ocorrer, progressivamente, a partir do nível de base, em direção de montante, durante o transcorrer do ciclo. Somente no estágio senil é que toda a bacia estaria equilibrada, ocasião em que os gradientes estariam reduzidos mesmo nas cabeceiras, não haveria rupturas de declive e o escoamento do fluxo seria moroso. Na abordagem sistêmica o equilíbrio é alcançado em decorrência de um ajustamento das formas aos processos morfogênicos, denotando um balançamento entre a ação erosiva e a resistência estrutural. Deste modo, o gradiente dos canais resultaria do débito, da carga detrítica e da resistência oferecida pelo leito e o perfil longitudinal deixaria de ser fator controlante da velocidade e passaria a ser reposta ao controle exercido por um conjunto de variáveis. Sob este ponto de vista, os rios que percorrem litologias mais resistentes devem estar dotados de gradientes mais fortes, enquanto aqueles que atravessam áreas onde se alternam rochas resistentes e tenras podem apresentar rupturas de declive, sem que tais aspectos signifiquem condições de desequilíbrio. Como as diversas porções do sistema devem estar ajustadas umas às outras, as alterações que se processam no canal principal estendem-se a todos os tributários. Assim, uma bacia pode estar equilibrada a qualquer tempo sem que, para tanto, tenha que chegar à peneplanície.

Richard CHORLEY (1971) fez uma ampla exposição sobre as propriedades inerentes aos sistemas e, neste estudo, focalizou as idéias davisianas como típicas de um sistema isolado, em que as condições de equilíbrio só são obtidas no estágio final do ciclo, quando a entropia é máxima e a energia incapaz de agir.

Outro aspecto a merecer comentário é o referente à expansão das bacias de drenagem através de capturas sucessivas pelo recuo das

cabeceiras de drenagem. No exemplo do modelado jurássico por nós relatado, as capturas eram feitas em função de maiores gradientes e das diferenças litológicas que permitiam o entalhe mais rápido nas rochas tenras. CHRISTOFOLETTI (1977), examinando este assunto sob a perspectiva do equilíbrio dinâmico, mostra que o rio é um sistema aberto que funciona através do fluxo que lhe é fornecido e, por isso mesmo, deve existir uma área que lhe garanta o abastecimento, quer à superfície, quer sob ela. E, considerando a água superficial ou subterrânea, há uma linha divisora de águas a partir da qual o escoamento faz-se para uma ou outra das vertentes envolvidas. Assim, com a ocorrência de erosão regressiva, a nascente não poderia recuar indefinidamente, mas chegaria até ao limiar que lhe permitisse continuar funcionando. Com isso, as capturas por erosão regressiva tornar-se-iam impraticáveis. Mesmo que a topografia fosse desgastada, a linha divisória entre as duas bacias ainda estaria presente. Percebe-se que, através da teoria do equilíbrio dinâmico, a expansão das redes por capturas sucessivas deixa de ter sentido.

No mesmo trabalho, CHRISTOFOLETTI (1977) discute a questão do nível de base, elemento de importância na teoria davisiana em função do qual se estabelecia a vaga erosiva remontante. Durante as modificações ocorridas com o represamento de rios, tem-se verificado que o nível de base é elevado para o nível da superfície da água do reservatório, mas deslocado para o local em que a superfície intersecta o curso original, a montante. Da mesma forma que diminuiu o desnível altimétrico original, encurtou também o comprimento do canal. Observações têm mostrado que, nestas circunstâncias, a sedimentação ocorre nas proximidades da represa, mas nada indica um entulhamento de todo o sistema fluvial. Do mesmo modo os abaixamentos do nível de base devem ser acompanhados de ampliação do canal. O trecho afetado deverá ser aquele anexado ao curso original, que se ajustará ao aumento da área de drenagem, ao surgimento de novos tributários e ao crescimento do débito. Se as condições ambientais permanecerem constantes, não haverá modificações nas porções montantes da bacia, pois para elas o fluxo deverá permanecer o mesmo. Os efeitos de retroalimentação que por ventura se fizerem serão absorvidos rapidamente pela drenagem próxima ao setor afetado.

Verifica-se assim que, examinados aos olhos da teoria dos sistemas, os modelos concebidos para a explicação do modelado e que se enquadram no âmbito da geomorfologia estrutural são bastante vulneráveis às críticas que lhes venham a ser formuladas. Não se trata aqui de discutir a validade de um ou outro ponto de vista, mesmo porque o

juízo das questões depende sobretudo das concepções teóricas de que se esteja imbuído. A questão é que, por ser uma abordagem introduzida mais recentemente na geomorfologia, a perspectiva sistêmica ainda não elaborou modelos explicativos que venham a substituir aqueles tradicionalmente aceitos e que trazem, embutidos, a influência da teoria do ciclo geográfico. Tal fato acaba sendo particularmente grave ao nível do ensino. De forma coerente o professor, em muitos casos, mostra aos seus alunos aquilo que se tem feito na geomorfologia nos últimos tempos e, dessa forma, não pode deixar de focalizar a concepção sistêmica e, conseqüentemente, as críticas que ela possa efetuar às abordagens mais tradicionais. Entretanto, freqüentemente os relevos dobrados, falhados e o relevo de *cuestas* fazem parte dos programas de geomorfologia e ao ensinar estes tópicos, o professor, pela falta de novos modelos elucidativos, acaba lançando mão de explicações anteriormente criticadas.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, Ilídio do. Aspectos da evolução da Geomorfologia. *Not. Geomorf.*, v.9, n.18, p.3-18, 1969.
- ABDALLA, Sandra L.F. A evolução da drenagem conforme a teoria davisiana. *Not. Geomorf.*, v.13, n.26, p.69-77, 1973.
- BLOOM, A.L. *Superfície da Terra*. São Paulo: Edgard Blucher/EDUSP, 1970.
- BULL, W.B. Transformações alométricas em Formas de Relevo. *Not. Geomorf.*, v.18, n.35, p.3-44, 1978.
- CHORLEY, R.J. A Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais. *Not. Geomorf.*, v.11, n.21, p.3-32, 1971.
- CHRISTOFOLETTI, A. O Desenvolvimento da Geomorfologia. *Not. Geomorf.*, v.12, n.23, p.13-30, 1972.
- \_\_\_\_\_. As Teorias Geomorfológicas. *Not. Geomorf.*, v.13, n.25, p.3-42, 1973.
- \_\_\_\_\_. Geometria Hidráulica. *Not. Geomorf.*, v.16, n.32, p.3-37, 1976.
- \_\_\_\_\_. Considerações sobre o nível de base, rupturas de declive, capturas fluviais e morfogênese do perfil longitudinal. *Geografia*, v.2, n.4, p.81-102, 1977.
- \_\_\_\_\_. A Evolução das Idéias a Propósito do Perfil Longitudinal dos Cursos de Água. *Anais da AGB*, v.30, p.11-52, 1978a.
- \_\_\_\_\_. Depósitos sedimentares e formas topográficas nos canais e nas planícies de inundação. *Not. Geomorf.*, v.18, n.36, p.3-56, 1978b.
- \_\_\_\_\_. *Análise de Sistemas em Geografia*. São Paulo: HUCITEC/EDUSP, 1979.
- \_\_\_\_\_. *Geomorfologia*, 2. ed., São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- DAVIS, W.M. The geographical cycle. *Geographical Journal*, v.14, p.481-504, 1899.
- GRAF, W.L. A lei da razão em Geomorfologia Fluvial. *Not. Geomorf.*, v.16, n.36, p.57-78, 1978.
- HACK, J.T. Interpretação da topografia erodida em regiões temperadas úmidas. *Not. Geomorf.*, v.12, n.24, p.3-37, 1972.
- HOWARD, A.D. Equilíbrio e dinâmica dos sistemas geomorfológicos. *Not. Geomorf.*, v.13, n.26, p.3-20, 1973.
- STRAHLER, A. N. Equilibrium theory of erosional slopes, approached by frequency distribution analysis. *Am. Journal of Science*, v.248, n.10/11, p.673-696, 1950.
- \_\_\_\_\_. Dynamic basis of Geomorphology. *Geol. Soc. America Bull.*, v.63, p.923-938, 1952.