

GEOMORFOLOGIA

AUTOR

Mauro Kumpfer Werlang



GEOGRAFIA

GEOMORFOLOGIA

AUTOR

Mauro Kumpfer Werlang

1ª Edição
NTE/ UAB /UFSM

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

Santa Maria | RS
2019

©Núcleo de Tecnologia Educacional – NTE.
Este caderno foi elaborado pelo Núcleo de Tecnologia Educacional da
Universidade Federal de Santa Maria para os cursos da UAB.

PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Jair Messias Bolsonaro

MINISTRO DA EDUCAÇÃO

Abraham Weintraub

PRESIDENTE DA CAPES

Anderson Ribeiro Correia

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA

REITOR

Paulo Afonso Burmann

VICE-REITOR

Luciano Schuch

PRÓ-REITOR DE PLANEJAMENTO

Frank Leonardo Casado

PRÓ-REITOR DE GRADUAÇÃO

Martha Bohrer Adaime

COORDENADOR DE PLANEJAMENTO ACADÊMICO E DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Jerônimo Siqueira Tybusch

COORDENADORA DO CURSO DE GEOGRAFIA

Mauro Kumpfer Werlang

NÚCLEO DE TECNOLOGIA EDUCACIONAL

DIRETOR DO NTE

Paulo Roberto Colusso

COORDENADOR UAB

Reisoli Bender Filho

COORDENADOR ADJUNTO UAB

Paulo Roberto Colusso

NÚCLEO DE TECNOLOGIA EDUCACIONAL

DIRETOR DO NTE

Paulo Roberto Colusso

ELABORAÇÃO DO CONTEÚDO

Mauro Kumpfer Werlang

REVISÃO LINGUÍSTICA

Camila Marchesan Cargnelutti

Maurício Sena

APOIO PEDAGÓGICO

Carmen Eloísa Berlote Brenner

Keila de Oliveira Urrutia

EQUIPE DE DESIGN

Carlo Pozzobon de Moraes – Diagramação

Juliana Facco Segalla – Diagramação

Lisiane Dutra Lopes – Capa

Matheus Tanuri Pascotini – Ilustração

Raquel Pivetta – Diagramação

PROJETO GRÁFICO

Ana Letícia Oliveira do Amaral



W489g Werlang, Mauro Kumpfer
Geomorfologia [recurso eletrônico] / Mauro Kumpfer Werlang. –
Santa Maria, RS : UFSM, NTE, 2019.
1 e-book

Este caderno foi elaborado pelo Núcleo de Tecnologia Educacional
da Universidade Federal de Santa Maria para os cursos da UAB
Acima do título: Geografia
ISBN 978-85-8341-238-0

1. Geomorfologia I. Universidade Aberta do Brasil II.
Universidade Federal de Santa Maria. Núcleo de Tecnologia
Educativa III. Título.

CDU 551.4

Ficha catalográfica elaborada por Alenir Goularte - CRB-10/990
Biblioteca Central da UFSM

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



PROGRAD



APRESENTAÇÃO

Há acordo em considerar que o modelado terrestre evolui e, com ele, modifica-se a diversidade das formas da superfície da crosta terrestre. No entanto, surgem questões de como e de que maneira se processa o desenvolvimento das formas de relevo, quais as condições iniciais e até que fase se processa a evolução. Muitas respostas para essa problemática estão no campo de teorias, que procuram orientar a observação e uma explicação. Mas onde termina a teoria e começa a prática? Onde termina a prática e começa a teoria? Entretanto, não se pretende responder a essas inquietações, apenas contribuir acerca desse assunto.

Este caderno didático aborda parte do conteúdo incluso no programa da disciplina de *Geomorfologia* do curso de Licenciatura em Geografia EaD da Universidade Federal de Santa Maria. Contém o conteúdo relativo às unidades iniciais, necessário para instrumentalizar os alunos com os conhecimentos básicos para compreender o conceito, as abordagens e a evolução epistemológica da geomorfologia. Tem por objetivo auxiliar o aluno a ser capaz de compreender os princípios básicos da geomorfologia e os mecanismos que condicionam a evolução do relevo nas suas grandes unidades, tanto a nível planetário, quanto no Brasil. Consiste em um conjunto de informações que servem como referência para roteiros de aula. Não dispensa consultas a bibliografias, tanto especializada como complementares. As fontes básicas de consulta, relacionadas nas últimas páginas deste material, representam basicamente fontes consultadas. O intuito é que esse material sirva como um guia parcial para estudos, que, portanto, devem ser ampliados também a partir de outras leituras.

ENTENDA OS ÍCONES



ATENÇÃO: faz uma chamada ao leitor sobre um assunto, abordado no texto, que merece destaque pela relevância.



INTERATIVIDADE: aponta recursos disponíveis na internet (sites, vídeos, jogos, artigos, objetos de aprendizagem) que auxiliam na compreensão do conteúdo da disciplina.



SAIBA MAIS: traz sugestões de conhecimentos relacionados ao tema abordado, facilitando a aprendizagem do aluno.



TERMO DO GLOSSÁRIO: indica definição mais detalhada de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.

SUMÁRIO

▷ APRESENTAÇÃO ·5

▷ UNIDADE 1 – INTRODUÇÃO AO ESTUDO DA GEOMORFOLOGIA ·9

Introdução ·11

1.1 Geomorfologia: definições e abordagens ·12

1.2 O sistema geomorfológico ·15

1.3 As teorias geomorfológicas ·17

1.4 A evolução do pensamento em geomorfologia (revisita as teorias geomorfológicas) ·21

1.5 Síntese evolutiva dos postulados geomorfológicos (revisita conforme o exposto na obra de Casseti, de 1994) ·33

1.6 Os sistemas de referência em geomorfologia (revisita conforme o exposto na obra de Casseti, de 1994) ·39

1.6.1 O Sistema de William M. Davis ·40

1.6.2 O Sistema de Walther Penck ·42

1.6.3 O Sistema de Lester C. King ·43

1.6.4 O Sistema de John T. Hack ·44

Atividade - Unidade 1 ·47

▷ UNIDADE 2 – A QUESTÃO DO TEMPO EM GEOMORFOLOGIA E OS MECANISMOS GEOMORFOLÓGICOS ·48

Introdução ·50

2.1 Estrutura do relevo e os processos endógenos ·52

2.2 As propriedades geomorfológicas das rochas ·55

2.2.1 Coesão ·55

2.2.2 Permeabilidade ·56

2.2.3 Plasticidade ·56

2.2.4 Macividade ·56

2.2.5 Tamanho dos grãos ·57

2.2.6 Solubilidade ·58

2.2.7 Heterogeneidade ·58

2.3 O modelado do relevo e os processos exógenos ·60

2.3.1 O intemperismo físico, químico, biológico e a pedogênese ·60

Atividade - Unidade 2 ·62

▷ **CONSIDERAÇÕES FINAIS · 63**

▷ **REFERÊNCIAS · 65**

▷ **APRESENTAÇÃO DOS PROFESSORES · 67**



1

INTRODUÇÃO AO ESTUDO
DA GEOMORFOLOGIA

INTRODUÇÃO

A unidade objetiva trazer a abordagem da geomorfologia, reconhecer o seu conceito e sua definição. Também traz uma revisão teórica acerca das teorias geomorfológicas e os sistemas de referência em geomorfologia baseados na obra de Valter Cassetti.

Ao se estudar as formas de relevo e abordá-las como a expressão espacial da superfície se consideram as relações entre forma e processo, constituindo-se no objetivo central do sistema geomorfológico. As formas de relevo expressam o reflexo do equilíbrio de forças de natureza diferentes (forças endógenas e exógenas). Essas forças agem e reagem formando um campo dinâmico onde não se opõem, mas se somam, para formar o relevo. Os processos dão a ideia de mecanismo, evolução, transformação. A forma é o visual.

Considerando que as formas e os processos representam a essência da geomorfologia, pode-se distinguir, dentro do universo geomorfológico, os sistemas antecedentes mais importantes para a compreensão das formas de relevo. São eles o sistema climático, o sistema biogeográfico, o sistema geológico e o sistema antrópico. Esses sistemas são os controladores mais importantes do sistema geomorfológico, representando os seus fatores, o seu ambiente. Entretanto, por meio do mecanismo de retroalimentação, o sistema geomorfológico também atua sobre eles.

A evolução da Terra se dá através de ciclos sucessivos de erosão e transporte, deposição, consolidação e soerguimento, que se repetem eterna e lentamente. A noção de tempo pode ser sistematizada a partir de que os processos passados não são visíveis, somente seus efeitos permanecem como provas de sua antiguidade e, para conhecê-los, é preciso comparar seus resultados com fenômenos modernos. Surge daí a ideia da existência de sucessivas alterações climáticas, em que se aceita a singularidade de cada evento.

1.1

GEOMORFOLOGIA: DEFINIÇÕES E ABORDAGENS

Como um ramo da geografia física que estuda a diversidade de formas de relevo na superfície da crosta terrestre, a geomorfologia busca identificar, descrever e analisar essas formas de relevo fundamentando-se na relação entre os processos endógenos, estruturas litológicas, mecanismos climáticos e cobertura pedológica, além das interferências bióticas e antrópicas que modelam o relevo. Para isso, considera o relevo em seus pressupostos genéticos, cronológicos, morfológicos, morfométricos e dinâmicos, tanto atuais como pretéritos.

O relevo na superfície das terras emersas resulta de dois conjuntos de forças naturais que constantemente estão agindo um contra o outro. De um lado, o conjunto rochoso da crosta, embora aparentemente sólido e estável, está submetido às forças internas (processos endógenos) do globo terrestre que são responsáveis pelo soerguimento e falhamento de blocos das formações continentais, pela formação de montanhas, pelo vulcanismo e pelos terremotos de grande magnitude. Essas forças atuam no decorrer do tempo geológico, contribuindo para estabelecer as características das estruturas geológicas e os aspectos da topografia dos continentes e oceanos. De outro lado, trabalhando para modificar e destruir as rochas e atuando na criação de diferentes formas de relevo estão as forças externas, ligadas com a ação do calor, das chuvas, dos rios, do gelo, do vento e do mar. Esse segundo grupo compreende todas as ações naturais capazes de corroer e desgastar a superfície da Terra. São os denominados processos morfogenéticos exógenos.

A geomorfologia estuda, portanto, as formas de relevo, que representam a expressão espacial da superfície, uma vez que tem na relação forma/processo o seu objetivo central, pois considera a concepção que, ao mudar a forma, muda o processo e vice-versa. As formas estruturais expressam a estrutura local de maneira mais ou menos evidente, isto é, dependem também do grau de erosão.

O fenômeno ou processo geológico que se realiza no interior da Terra denomina-se endógeno. Os agentes geológicos endógenos referem-se à interação de forças internas da Terra, tais como: aquecimento provocado por radioatividade; variações de pressão e temperatura provocadas por reações e recristalizações minerais para fases minerais mais ou menos densas com emissão ou absorção de calor, o que leva a desequilíbrios densitométricos e poderosas movimentações de massas rochosas, magmas e fluidos no interior da terra. São exemplos de processos endógenos a formação de magma e sua intrusão, dando origem a rochas plutônicas e hipabissais; tectonismo, dobramentos, falhamentos e metamorfismo em áreas orogênicas; subducção; geração de abalos sísmicos (terremotos); soerguimentos e abatimentos da crosta.

O relevo da Terra está em constante mudança, mas não percebemos porque essas mudanças, em geral, ocorrem muito lentamente. Não ocorrem no tempo de

uma vida humana, mas em milhares ou milhões de anos, no que é chamado tempo geológico. A transformação do relevo depende de dois processos: endógenos e exógenos. Os processos endógenos, como já exemplificados, são os fenômenos que ocorrem no interior da Terra, com movimentos de subida, afundamento e dobramento de parte da crosta, que causam modificações na superfície terrestre. Os processos exógenos são fenômenos externos que modelam a superfície da Terra e desgastam lentamente o que as forças internas produziram. Têm origem na parte externa do planeta e tendem a aplainar ou nivelar as formas do relevo, deixando marcas na paisagem. Essa ação é denominada erosão e é realizada por diferentes agentes.

Assim, é possível afirmar que o relevo resulta:

a) da ação da erosão diferencial (desgaste diferenciado em função da natureza da rocha: mais dura mais resistente, mais branda menos resistente aos processos de erosão e intemperismo);

b) da tectônica (provoca o surgimento de estruturas derivadas e deformadas).

A análise geomorfológica considera duas atitudes metodológicas: análise estática e análise que enfatize o aspecto dinâmico:

Aspecto estático → preocupa-se com as atitudes de descrever a forma: explicar e classificar.

Aspecto dinâmico → pressupõe o estudo dos processos envolvidos e conseqüentemente da evolução destes.

Entre as técnicas e material empregados na análise geomorfológica, pode-se considerar dois tipos: próprios da geomorfologia e emprestados de outras ciências naturais (geologia, sedimentologia, pedologia, climatologia, hidrologia, biogeografia).

Ao se considerar o estudo do relevo, deve-se levar em consideração os três níveis de abordagem sistematizados por Ab'Saber (1969) que individualizam o campo de estudo da geomorfologia: a compartimentação morfológica, o levantamento da estrutura superficial e o estudo da fisiologia da paisagem.

A compartimentação morfológica engloba as observações relativas aos diferentes níveis topográficos e características do relevo, que apresentam uma importância direta no processo de ocupação. Nessa abordagem, a geomorfologia assume importância uma vez que se definem os diversos graus de risco que uma área por ventura apresenta, oferecendo subsídios para a forma de uso da terra.

A estrutura superficial, também denominada de depósitos correlativos se constitui importante elemento na definição do grau de fragilidade do terreno. É responsável pelo entendimento da sua evolução histórica por meio dos paleopavimentos. Ao conhecer particularidades dos variados tipos de depósitos, que se processam em diferentes condições climáticas, é possível entender a dinâmica da evolução controlada pelos elementos do clima frente a sua posição em relação aos níveis de base atual de erosão, relacionados ou não, aos ajustamentos promovidos por tectonismo.

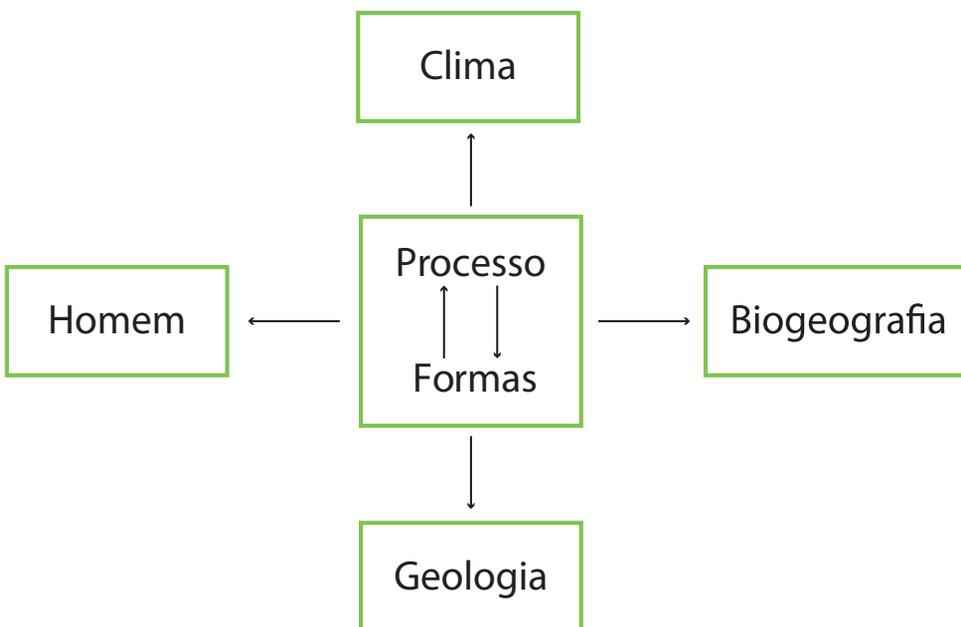
A fisiologia da paisagem procura compreender a ação dos processos morfodinâmicos atuais, considerando-se na análise o homem como modificador. A influência antrópica normalmente tem respondido pela aceleração dos processos morfogenéticos, como as formações denominadas de tectogênicas, abreviando a atividade evolutiva de modelado do relevo. Mesmo a ação antrópica indireta, ao eliminar a interface representada pela cobertura vegetal, altera de forma importante as relações entre as forças de ação (processos morfogenéticos ou morfodinâmicos) e de reação da formação superficial, gerando instabilidades morfológicas.

1.2

O SISTEMA GEOMORFOLÓGICO

Um sistema pode ser definido como o conjunto dos elementos e das relações entre si e entre os seus atributos. Considerando que as formas e os processos representam a essência da geomorfologia, pode-se distinguir dentro do universo geomorfológico os sistemas antecedentes mais importantes para a compreensão das formas de relevo como sendo o sistema climático, sistema biogeográfico, sistema geológico e o sistema antrópico. Esses sistemas são os controladores mais importantes do sistema geomorfológico, representando os seus fatores, o seu ambiente. Entretanto, por meio do mecanismo de retroalimentação, o sistema geomorfológico também atua sobre eles. A figura 1 ilustra essa abordagem.

FIGURA 1 – Os sistemas antecedentes.



FONTE: Adaptado de Christofolletti (1980, p. 11).

O sistema geomorfológico faz parte de um universo de outros sistemas antecedentes. Deles resultam os processos e as formas do relevo. As concepções geológicas do século XVIII, que representaram a tendência naturalista, voltada aos interesses do sistema de produção, tendo o “utilitarismo” como princípio, fundamentam o estudo das formas do relevo, que deriva substancialmente a partir dessas abordagens. Mendonza et al. (1982) observam que por volta de 1850 a geologia havia chegado a grandes interpretações de conjunto da crosta terrestre. A partir de então se registraram as primeiras contribuições dos geólogos nos estudos do relevo, dentre os quais estão destacados os trabalhos de A. Surell, expondo esquema clássico da erosão torrencial, de Jean L. Agassiz, estabelecendo as bases da morfologia glacial, de W. Jukes, apresentando os primeiros conceitos sobre o traçado dos rios, de An-

drew Ramsay e Grove K. Gilbert, evidenciando a capacidade de aplainamento pelas águas correntes, de John W. Powell e Clarence E. Dutton, calculando os ritmos de arraste e deposição dos sedimentos.

Conforme Mendonza et al. (1982), Caseti, (1991), no final do século XVIII, William M. Davis, dando prosseguimento aos estudos de G. K. Gilbert e J.W. Powell, apresenta proposta de uma geomorfologia fundamentada na tendência escolástica da época, representada pelo evolucionismo. É notório que a influência do darwinismo como forma de substituição do modelo mecanicista influenciou significativamente o conhecimento científico geral. A escola geomorfológica alemã, por outro lado, encabeçada por Albrecht Penck e Walther Penck, defensora de uma concepção integradora dos elementos que compõem a superfície terrestre, se contrapôs às idéias de W. Davis, fundamentada na noção de ciclo, tida como “finalista”. Evidencia-se, portanto, o nascimento de duas escolas geomorfológicas distintas.

1.3

AS TEORIAS GEOMORFOLÓGICAS

Casseti (1994) observa que as diferenças histórico-culturais europeias motivaram a distinção de situações nacionais contrastantes no âmbito político da Europa. Isso contribuiu para que se produzissem correntes filosóficas e ligações escolásticas distintas. Isso levou a ponderação de duas linhagens epistemológicas para a geomorfologia. Uma assinalada como de natureza anglo-americana, onde se constatou a aproximação da Inglaterra e França com os Estados Unidos, e uma outra de raízes germânicas, que a posteriori incorporou a produção publicada pelos russos e poloneses.

Casseti (1994) destaca que a linhagem epistemológica anglo-americana esteve fundamentada, aproximadamente até a Segunda Guerra Mundial, nos paradigmas propostos por Davis em 1899, através de sua teoria denominada de Geographical Cycle. Nessa teoria, o relevo se definia em função da estrutura geológica, dos processos operantes e do tempo.

Observa Casseti (1994) que, ao final da década de 30 do século XX, os norte-americanos se interessaram pelas críticas de W. Penck à teoria davisiana. A interpretação de Penck (1924) ao ciclo geográfico, que foi divulgada durante o Simpósio de Chicago que ocorreu no ano de 1939, foi agregada pelos adeptos de Davis, gerando novos paradigmas.

Nesse contexto, a influência do pensamento científico alemão, no transcurso da Segunda Guerra Mundial, se expande nos Estados Unidos. Conforme Casseti (1994), um dos autores da corrente anglo-americana que utilizou os princípios adotados por Penck foi Lester C. King em 1953, cujas investigações acerca do aplainamento assinalavam o centro das preocupações geomorfológicas na época. Nesse sentido, Kirk Bryan, Jean Dresch e André Cholley, que até então estavam subordinados à linhagem anglo-americana, iniciam a distanciar-se do entendimento proposto por Davis acerca de relevo. Também nessa época, observa Casseti (1994), que Cholley em 1950, ao partir da investigação corológica, institui conceitos como “dialética das forças” em sistemas abertos.

Nesse sentido, é importante complementar que a escola francesa, que exerceu posteriormente grande influência no desenvolvimento da geografia e geomorfologia brasileiras, se identificava na representação do conhecimento científico anglo-americano. Como exemplos, estão as influências de Davis nas pesquisas elaboradas sob a perspectiva estrutural, com Emmanuel de Martonne e André de Lapparent, baseadas na tradição morfoestrutural de Emmanuel de Marguerie (Mendonza et al., 1982; Casseti, 1994). Observa-se, portanto, que progressivamente os autores americanos atribuem-se uma atitude mais crítica, concorrendo para a elaboração de outros paradigmas, como o do “espaço”, enquanto Davis valorizava o “tempo”.

Assim, enquanto a escola germânica enaltecia as relações processuais e reflexos na evolução e do modelado da paisagem, a escola anglo-americana, tendo Davis como principal representante, tinha o elemento tempo como determinante da

evolução do modelado do relevo. A partir da década de 1940 até a de 1960, a quantificação, a teoria dos sistemas e fluxos e o uso da geografia quantitativa assumem a frente nos estudos geomorfológicos. Conforme aponta Caseti (1994), valoriza-se então a análise espacial e o estudo das bacias de drenagem a partir dos estudos de Strahler, em 1954, e Gregory e Walling, em 1973. Nesse mesmo tempo novos posicionamentos começam a aparecer, como a teoria do equilíbrio dinâmico de Hack em 1960, estudos de Horton em 1932 e 1945, que já tinham estipulado leis básicas no estudo de bacias de drenagem utilizando propriedades matemáticas, assumem relevância nos estudos hidrológicos. Caseti (1994) destaca ainda na linha de adaptação e reforma do paradigma davisiano, os trabalhos de H. Baulig (1952) e P. Birot (1955). O primeiro, considerando a frequência dos movimentos crustais e as variações relativas ao nível dos mares, e o segundo admitindo que a evolução geral do relevo mostra-se relacionada a uma forma de ciclo morfológico face a influência do clima e da vegetação.

Caseti (1994 apud CRUZ, 1982) salienta que a introdução da ação humana como elemento de modificação das formas do relevo trouxe a vantagem de melhor entendê-las dentro de sistemas geomórficos atuais, acrescido pelos processos denominados de morfodinâmicos. Abreu (1983) escreveu que, entre 1960 e início da década de 1970, a aplicação dos postulados anteriormente obtidos incorpora a teoria probabilística. Observa que esses trabalhos acabaram caindo em formulações estéreis, principalmente pela rejeição ao paradigma davisiano, sem serem substituídos por outros universalmente aceitos. Por fim, destaca Abreu (1983) que, se por um lado esses trabalhos valorizam o espaço e supostas relações processuais, por outro, eles desconsideram as relações temporais julgadas como comprometidas com o paradigma davisiano.

Caseti (1994), ao revisar Schumm e Lichty, (1965) ressalta que Morley e Zunpfer (1976) e Thornes e Brunnsden (1977) procuram rever as propostas precedentes. Não introduzem novos paradigmas, mas apresentam posição crítica liberta de preconceitos, valorizando as observações de campo. Observa Caseti (1994) que esses autores levam em conta a ação processual, segundo um referencial têmporo-espacial.

A linhagem epistemológica alemã tem Ferdinand von Richthofen (1883) como referência inicial, mantendo a pretensão humboldtiana de globalidade (harmonia natural). Caseti (1994) aponta que enquanto Davis tinha em sua base nomes de geólogos, von Richthofen tinha como precursor autores naturalistas. Esses, por sua vez, tinham Goethe como referência, que empregou pela primeira vez a expressão "morfologia" como sinônimo de geomorfologia. Nesse sentido, resta evidente a preocupação da "escola germânica" em olhar o relevo em uma perspectiva geográfica, o que pode ser atribuído à própria origem de sua linhagem epistemológica, associada aos naturalistas, a exemplo de Alexander von Humboldt (1769-1859) observa Caseti (1994).

Destaca ainda Caseti (1994) que enquanto Davis expressava uma postura teorizante-dedutivista, von Richthofen se individualizava pela concepção empírico-naturalista recorrendo-se de guia de observações de campo. Conforme Caseti (1994), Albrecht Penck (1894) também teve um papel balizador na diretriz da geografia alemã. Apesar de compartilhar de algumas noções básicas da teoria davisiana, como a de aplainamento, Albrecht Penck deu destaque à herança naturalista de

Goethe e Humboldt, enriquecendo a observação e a análise dos fenômenos. Albrecht Penck (1894) sistematiza teorias e formas do relevo (tratamento genético das formas), sendo um dos clássicos da Geografia, efetivando uma profunda influência na evolução da geomorfologia alemã nas primeiras décadas do século XX.

De acordo com o que coloca Casseti (1994), também dentro desse contexto, três autores se destacam: A. Hettner (1927), grande crítico da teoria davisiana; S. Passarge (1912, 1913), com o oferecimento de novos conceitos, como “fisiologia da paisagem”, alicerçados na ideia de organismo, e S. Günther (1934) que descreveu uma abordagem processual e crítica ao sistema de referência davisiano.

Conforme aponta Casseti, (1994), Walther Penck (1924) aparece como principal opositor da postura dedutivista-historicista de Davis, realçando o estudo dos processos. Usa a geomorfologia para subsidiar a geologia e auxiliar para a compreensão dos movimentos crustais. Contribui assim para o avanço da geomorfologia, formalizando conceitos como o de “depósitos correlativos”. Apesar de criticado, com a publicação de 1953, motivou alguns autores norte-americanos a se interessarem pelos estudos de vertentes e processos.

Ressalta Casseti (1994) que, desde Sigfried Passarge (1912), Otto Schüter (1918) e Karl Sapper (1914), os trabalhos de Geografia física correspondem com o estudo científico de variadas configurações decorrentes das trocas funcionais entre litosfera, hidrosfera e atmosfera, que ocorrem na superfície da crosta terrestre, cuja unidade espacial reflete o conceito de “paisagem”.

Abreu (1983 apud CASSETI, 1994) acentua que a linha de estudos da geomorfologia climática e climatogenética surge das pesquisas de J. Büdell em 1948, e que levaram a uma organização dos conjuntos morfológicos de origem climática, em zonas e andares, gerados pela influência das variáveis epirogenéticas, climáticas, petrográficas e fitogeográficas. Nesse sentido, o tema “paisagem” prospera com o estudo de Troll em 1932, que reconhece a necessidade tanto teórica quanto prática de uma convergência entre geografia física e ecologia.

Cabe destacar que somente após a Segunda Guerra Mundial, a cartografia geomorfológica emerge como ferramenta fundamental para a análise do relevo, amparada pelas contribuições desenvolvidas na Polônia, Tchecoslováquia e URSS, a partir da contribuição de autores como Klimaszewski (1983); Demek (1976); Basenina Trescov (1972). O desenvolvimento do mapeamento geomorfológico e seu crescente uso no planejamento regional preservam o caráter geográfico da ciência geomorfológica. Assim, a geomorfologia alemã, na Segunda Guerra Mundial, se enriquece com o desenvolvimento da cartografia geomorfológica, enquanto a geomorfologia anglo-americana permanece estagnada. As críticas materializadas ao modelo davisiano acabam respondendo por uma ruptura epistemológica na perspectiva anglo-americana, conciliando-se cada vez mais das bases que subsidiavam a linhagem germânica.

Por fim, Abreu (1983 apud CASSETI, 1994) observa que no Brasil a mais importante contribuição à teoria geomorfológica parte de Ab'Sáber (1969), que aparenta dar a tônica nos postulados de raízes germânicas e constata que autores soviéticos e franceses como Bertrand (1968); Tricart (1977) e Sochava (1972) têm buscado desenvolver estudos integrados da paisagem, sob a ótica dos geossistemas, o que valoriza a perspectiva geomorfológica alemã.

Também cabe realce aos trabalhos de Christofolletti (1977), enfocando a Geomorfologia; Mendes e Petri (1971) em trabalho sobre a Geologia do Brasil; Monteiro (1980), abordando a Geografia no período de 1937 a 1977; e Coltrinari e Kohler (1987), destacando o Quaternário continental brasileiro.

1.4

A EVOLUÇÃO DO PENSAMENTO EM GEOMORFOLOGIA (REVISITA AS TEORIAS GEOMORFOLÓGICAS)

A procura para explicações logicamente simples para o desenvolvimento das formas de relevo conduziu os geomorfólogos a tomar duas posições frente à natureza dos processos erosivos. A primeira dessas escolas pretende que as formas de relevo são essencialmente históricas, ou aditivas, de forma que todo o mecanismo processo erosivo promove marcas perduráveis sobre as formas e depósitos superficiais. Portanto, nessa perspectiva, podem-se ler os eventos num período indefinido do tempo passado. As escolas cíclicas de Davis e Penck apoiaram-se vastamente dessas pressuposições, interpretando a paisagem em função de um conjunto de formas independentes e de idades diferentes. Destoando com essa posição, trata-se o conceito de equilíbrio das formas de relevo empregado por Hack, onde o “equilíbrio dinâmico” está presente nas formas de relevo quando todos os elementos topográficos estão sendo verticalmente erodidos sob uma taxa igual, de maneira que com o passar do tempo não aconteçam alterações nas vertentes ou no arranjo areal da topografia. As formas de relevo equilibradas precisariam estar integralmente ajustadas aos processos atuais sobre elas. Essas significações são expostas por Howard (1973 apud CASSETI, 1994), destacando que muitas conclusões e pressuposições de trabalho na Geomorfologia situam-se em uma das duas escolas de pensamento.

Christofoletti (1973) argumenta que no conhecimento geomorfológico encontra-se implícita a ideia de que o modelado terrestre evolui como resultado da influência exercida pelos processos morfogenéticos. Nessa perspectiva, destaca que a paisagem morfológica que percebemos e analisamos é apenas uma etapa inserida em longa sequência de fases. Esclarece que a ação marinha sobre as praias, a da ação pluvial sobre as vertentes, a do material carregado pelos rios são alguns dos pontos que assinalam a ativa esculturação das formas de relevo.

há acordo em considerar que o modelado terrestre evolui, no entanto surgem questões como: De que maneira se processa o desenvolvimento das formas de relevo? Quais as condições iniciais e até que fase se processa a evolução? As respostas a essa problemática estão no campo das teorias geomorfológicas, que procuram orientar a observação e a explicação. Destaca que os geomorfólogos pouco se preocuparam em discutir as concepções teóricas, embora estas transpareçam norteando as pesquisas e a escolha de técnicas empregadas (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 3).

Reconhece Christofolletti (1973) que os fatos não possuem uma significação por si mesmos, não têm existência própria; é o pesquisador que, de acordo com sua concepção, estrutura-os e dá-lhes conexão. Quando há novas teorias, ocorre uma substituição e não uma soma nos conhecimentos. Somente existe uma melhoria gradativa nas proposições iniciais quando se consideram as pesquisas realizadas no âmbito da mesma perspectiva teórica e filosófica, observa o citado autor.

Nesse sentido, Christofolletti (1973), considerando as concepções teóricas que orientaram as pesquisas em geomorfologia, destaca que surgem quatro principais: a teoria do ciclo geográfico, a da pediplanação e pedimentação, a do equilíbrio dinâmico e a probabilística.

Assim, Christofolletti (1973) aponta que o ciclo geográfico foi proposto por William Morris Davis (1899) e representa a primeira concepção desenvolvida de modo mais completo. Conforme Baulig (1950 apud CHRISTOFOLLETTI, 1973), nela as formas de relevo eram explicadas pelos processos, mas nunca foram colocadas em séries evolutivas coerentes, e a contribuição maior foi a sistematização da sucessão das formas em um ciclo ideal.

Christofolletti (1973) frisa que o ciclo de erosão davisiano compreende um rápido soerguimento da área por ação tectônica e um longo período de atividade erosiva. Chegando ao fim, na penepalanície, um novo soerguimento produzirá a instalação e a evolução de outro ciclo. Assim, através desse mecanismo, uma região poderá ser afetada por vários ciclos erosivos, cujos vestígios podem ser encontrados nas rupturas de declive dos cursos d'água e no estabelecimento das superfícies aplaiadas. Aponta que todo e qualquer ciclo de erosão inicia-se a partir do nível de base e gradativamente se propaga pelo interior das massas continentais.

Christofolletti (1973) destaca também que no início do século XX o ciclo geomórfico davisiano sofreu algumas alterações. Acrescenta que Henri Baulig (1928) estudando o Maciço Central Francês coloca um novo fator de rejuvenescimento ao lado dos movimentos tectônicos, os únicos admitidos por Davis, representados pelas variações do nível marinho em decorrência das glaciações do Quaternário. Esses movimentos foram designados eustáticos, e cada diminuição do nível do mar, ampliando a diferença altimétrica e aumentando a declividade, provoca o surgimento de vaga remontante de erosão. Ao contrário, a elevação do nível do mar, fazendo recuar o nível de base, funciona como causa de amplo entulhamento. No entanto, como escala temporal das oscilações eustáticas é pequena e não favorece o estabelecimento de um ciclo de longa duração, os seus efeitos são mais acentuados nos cursos d'água próximos do litoral.

Walter Penck (1924), observa Christofolletti (1973), acreditava, ao contrário de levantamento rápido das áreas, que o caso mais comum era a lenta ascensão de uma massa terrestre, tão lenta que, quando relacionada à intensidade de denudação, não produziria nenhuma elevação real da superfície, nem aumento do relevo. Tais condições favoreceriam o estabelecimento de uma planura baixa, à qual denominou "primärrumpf" (superfície primária). Parecia-lhe que a degradação efetuar-se-ia de modo paralelo ao soerguimento, resultando na formação de uma superfície primária que seria a unidade geomorfológica inicial e universal, para todas as sequências topográficas que deviam seguir-lhe. Estudando o maciço da Floresta Negra (Alemanha), Penck reconheceu a existência de vários níveis

topográficos. Para explicar a sucessão de tais patamares nivelados, apresentou uma idéia que recebeu pequena aceitação. Aventou a existência de um domo em contínua expansão, onde a área cimeira seriam os restos da superfície primária, e a sucessão dos planos erosivos em direção às bordas, como se fosse uma escadaria geomorfológica, representaria os ciclos de erosão cada vez mais recentes e originados pelo movimento ascensional rápido que afetava a região. Conforme a concepção davisiana, tais patamares ou níveis seriam uma série de ciclos parciais, interrompidos por soerguimentos intermitentes.

Christofolletti (1973), ao analisar a teoria davisiana, destaca que ela foi o centro de numerosas críticas e objeções. Um ponto comum entre elas é que a teoria repousa sobre o postulado de longos períodos de estabilidade tectônica e eustática, separados por movimentos ascensionais tão curtos que podem ser considerados como instantâneos em relação aos de estabilidade. O caráter teórico do modelo é outra observação lembrada, onde o próprio Davis reconhecia e defendia a sua natureza teórica, afirmando que “o esquema do ciclo não desejava representar nenhum exemplo atual, porque o esquema era intencionalmente o resultado da imaginação e não da observação”. O modelo do ciclo de erosão não se referia a nenhuma paisagem em particular, mas ao conjunto de todas elas. Também foi muito debatido o fato de Davis considerar o escoamento das águas correntes como o “processo de erosão normal”, estabelecendo um julgamento de valor, em função do qual as influências do gelo e do vento podem ser consideradas como processos especiais, em plano secundário ao da erosão normal. Christofolletti (1973, p. 10) destaca que “atualmente conceitua-se qualquer tipo de morfogênese é perfeitamente normal, e nenhum deles surge como acidental ou anormal”. Tricart (1971 apud CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 10), observa que:

Davis havia construído sua doutrina em torno da noção do ‘ciclo de erosão’ e da ‘erosão normal’ que agiriam da mesma maneira em todas as regiões do globo. Davis jamais deu a menor atenção à cobertura vegetal. Para ele, o relevo modelava-se da mesma maneira nos desertos do Arizona e nas florestas do Maine. Nenhum de seus esquemas – e eles são numerosos e bem desenhados - mostra a menor moita, o menor tufo de ervas. Para todas as áreas, o agente responsável era o escoamento. (TRICART, 1971 apud CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 10).

Essas críticas, que parecem evidenciar uma das maiores dificuldades do modelo davisiano, não tem razão de ser, destaca Christofolletti (1973, p. 11), “pois na escala temporal em que o ciclo é colocado, da ordem de 20 a 200 milhões de anos, qual seria o processo de maior permanência ou ação”, interroga. Acrescenta que, “de maneira intermitente ou perene, o escoamento é o único que acaba por ter a existência mais longa e ativa”. Por outro lado, observa que:

o modelo é seletivo e leva em conta algumas das informações consideradas importantes. O tema central repousa nas alterações que se processam na geometria das formas de relevo com

o transcorrer do tempo. Essas modificações são progressivas, seqüenciais e irreversíveis, e deixavam marcas na paisagem. Dentro dessa perspectiva, o comportamento do pesquisador consistia em observar as formas, qualificá-las com relação à sua posição no esquema evolutivo de referência, numa série monocíclica ou policíclica, e procurar sedimentos ou depósitos de cobertura capazes de permitir a datação de um dos elementos do esquema, com relação ao qual as formas se ordenassem em formas anteriores e forma posteriores. Outra idéia básica é que a quantidade de energia disponível para a transformação das paisagens é uma função direta e simples do relevo ou ângulo de declividade. Disso resultaram inferências de que a evolução é mais rápida nas áreas montanhosas que nas colinosas, mais intensa nas vertentes íngremes que nas suaves. Relacionada com essas diferenças altimétricas, conclui-se que a granulometria dos sedimentos estava em relação direta com a declividade da topografia. Essa idéia constituiu-se em critério interpretativo para inúmeras reconstituições paleogeográficas (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 11).

Outra e das mais recentes oposições de caráter geral foi empreendida por Richard Chorley (1962), considerando o ciclo de erosão davisiano como um sistema isolado, incapaz de atingir o equilíbrio dinâmico, pois o seu equilíbrio é atingido somente no final do ciclo, e composto unicamente em perspectiva de um tratamento histórico finalista do modelado terrestre. Para Christofolletti (1973), essa crítica é levantada em função de teoria com bases inteiramente distintas, e não é justo que se assinalem deficiências quando os critérios de julgamento são diferentes dos utilizados na elaboração da teoria davisiana.

A teoria do ciclo de erosão, não obstante as inúmeras objeções que lhe foram levantadas, conheceu grande difusão até a Segunda Guerra Mundial; e ainda na atualidade as suas implicações guiam grande parte das pesquisas geomorfológicas. Conforme Christofolletti (1973), tomando-se como bases as concepções teóricas inicialmente propostas para as regiões temperadas úmidas, compuseram modelos evolutivos para o ciclo árido (DAVIS, 1905; 1909), para o ciclo glacial das terras elevadas (DAVIS, 1900; 1906), para a morfologia litorânea (JOHNSON, 1919) e para os vários aspectos do modelado continental, como o desenvolvimento do modelado cársico (CVIJIC, 1918), das regiões com estruturas concordantes, das regiões com estruturas dobradas e outras. Com o desenvolvimento da geomorfologia climática, houve a tentativa de aplicar a noção de ciclo aos modelados esculpidos sob os diferentes climas (BIROT, 1960).

Conforme Christofolletti (1973, p. 14), o modelo da Pedimentação e Pediplanação, “apresenta os mesmos princípios teóricos que os modelos cíclicos davisianos. As maiores distinções estão na maneira pela qual as vertentes evoluem e nas pressuposições relacionadas com o nível de base”. Observa que o modelo conjectura “que qualquer ponto de um rio é considerado como nível de base para todos os demais pontos a montante, assim como cada ponto de uma vertente representa um nível

de base para a parcela da vertente situada a montante” (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 14). Para o prosseguimento desse modelo cíclico, não é mais necessário o emprego do nível de base geral, e o ciclo erosivo pode estabelecer-se em qualquer área das massas continentais. Destaca que:

essa concepção já se encontrava implícita em vários modelos davisianos, como no ciclo árido e glaciário. A diferença essencial com o ciclo davisiano reside no modo de regressão das vertentes. Em vez de ocorrer um rebaixamento contínuo e generalizado das vertentes, aliada à gradativa diminuição das declividades, verifica-se uma evolução e regressão das vertentes paralelamente a si mesmas. Com o decorrer do tempo, devido ao desgaste das vertentes que regridem conservando as declividades, haverá a formação de pedimentos entre o sopé da vertente e o leito fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 14).

Destaca também que o modelo evolutivo envolvendo a regressão das vertentes paralelamente a si mesmas foi aplicado às regiões úmidas por Walter Penck, e Lester C. King considerou-o como típico do desenvolvimento do modelado terrestre na escala continental. O ciclo evolutivo proposto por Lester King (1953, 1962) pode ser relacionado da seguinte forma:

Quando há o soerguimento de uma parcela territorial, em escala subcontinental, estabelecendo novos níveis de base em função dos quais a erosão pode trabalhar, inicia-se um novo ciclo de erosão que começa o trabalho de denudação, caminhando das áreas litorâneas para o interior”. Destaca que “... a maneira pela qual a erosão efetua o seu trabalho depende de uma série de fatores, como o tamanho e espaçamento dos elementos componentes da drenagem, da natureza do soerguimento e, em menor dependência, dos tipos de rochas locais e das atividades físicas. Os processos, em virtude dos quais o ciclo se desenvolve são: a- incisão fluvial; b- regressão das escarpas e pedimentação; c- rastejamento (creep) do regolito nos relevos rebaixados. A dominância de tais processos no modelado, na seqüência sucessiva da ordem acima, pode ser considerada como definidora dos estágios metafóricos de juventude, maturidade e selenidade (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 14).

Dentro dessa concepção, no estágio de juventude, observa-se que:

os rios entalham profundamente ravinas e gargantas devido ao rejuvenescimento provocado pela elevação altimétrica da região. Em princípio, as vertentes fluviais são íngremes, alcançam seus valores máximos quando os rios atingem a profundidade máxima de entalhamento. A partir de então, o escoamento pluvial e o

intemperismo reduzem o ângulo de declividade das vertentes até que atinjam a inclinação que demonstre estar equilibrada pela natureza do embasamento rochoso e pelos processos físicos atuantes sobre ele. Nesse momento, produz-se a forma de vertente apropriada às condições locais do embasamento. O estágio de juventude encontra-se plenamente desenvolvido quando os rios atingiram o equilíbrio e quando há desenvolvimento de gradientes estáveis ao longo das vertentes (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 16).

Acrescenta também:

o estágio de maturidade é dominado pela atividade sobre as vertentes. Os rios cessaram de entalhar seus leitos, a não ser em casos excepcionais, constituindo elementos estabilizadores da paisagem, e os canais fluviais evoluem através da corrosão lateral, atingindo somente parcela insignificante da área total ocupada pelo modelado. O papel principal na evolução das paisagens é assumido pelas vertentes, que regridem conservando suas declividades virtualmente constantes, enquanto os vales se alargam. Cada escarpa dos vales torna-se uma vertente em regressão, e sob áreas com fina textura de dissecação os interflúvios são rapidamente destruídos; quando a textura de dissecação for grosseira, os interflúvios remanescentes da superfície inicial podem permanecer por longo tempo. Se o relevo for baixo, isto é, com pequena amplitude altimétrica, a curva natural dos pedimentos pode encontrar e atingir o topo convexo das vertentes e o desenvolvimento progressivo reduz-se a nada (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 16).

No entanto, observa Christofolletti (1973, p. 16) que “se a amplitude altimétrica for muito elevada, capturas fluviais ocorrem até que os pedimentos das vertentes opostas se encontrem, formando uma secção transversal bicôncava ao longo dos interflúvios”.

Argumenta ainda:

nos estágio finais do ciclo de erosão, quando as colinas são reduzidas a pequenas saliências rochosas e os pedimentos se estendem por amplas áreas, torna-se característica a paisagem multicôncava, porque as suaves concavidades dos pedimentos provenientes de várias direções acabam por se unir. A soma e a coalescência dos pedimentos, juntamente com amplas planícies de inundação dos rios, constitui as peneplanícies, isto é, as superfícies aplainadas por pedimentação. As pediplanícies são repletas esparsamente por relevos residuais, resultante de rochas mais resistentes ou por saliências que permaneceram

menos atacadas pela erosão em virtude de sua posição nas áreas interfluviais. Tais saliências, geralmente de forma dômica, são designadas inselbergues (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 17).

De acordo com Christofolletti (1973), os trabalhos pioneiros concernentes à regressão paralela das vertentes foram desenvolvidos nas regiões semi-áridas, como os de W.J. McGre (1897); S. Paige (1912) e Kirk Bryan (1935). Observa que para explicar o relevo da África do Sul Lester King utilizou esse modelo e, posteriormente, aplicou-o ao Brasil em 1956 e em demais áreas localizadas nos demais continentes em 1962.

As críticas e objeções levantadas ao modelo proposto por William M. Davis também são extensíveis ao de Lester King. Destaca Christofolletti (1973) que por causa das implicações climáticas, amplos debates se estabeleceram em torno das superfícies aplainadas, sendo que os dois termos finais passaram a ter sentido genérico. O peneplano representa a superfície aplainada sob condições de clima úmido, através da suavização geral das vertentes, enquanto o pediplano surge como a superfície aplainada sob condições de clima seco, através da regressão paralela das vertentes.

A Teoria do Equilíbrio Dinâmico considera o modelado terrestre como um sistema aberto, ou seja, um sistema que mantém constante permuta de matéria e energia com os demais sistemas componentes de seu universo. A fim de que possam permanecer em funcionamento, necessitam de ininterrupta suplementação de energia e matéria assim como funcionam através de constante remoção de tais fornecimentos. Nesse sentido, Christofolletti (1973) observa que:

foi Grove Karl Gilbert (1880) o primeiro a expor uma concepção teórica do desenvolvimento do modelado em termos de equilíbrio dinâmico. John T. Hack (1957, 1960, 1965), em grande contribuição, utilizou-a a fim de interpretar a topografia do vale do Shenandoah, no região apalacheana, levando em consideração as características das redes de drenagem e das vertentes (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 18).

Em 1965, Alan Howard delineou de maneira precisa as várias implicações relacionadas com essa teoria, argumenta Christofolletti (1973). O autor destaca que Hack ampliou consideravelmente as ideias propostas por Gilbert, aplicando a concepção do equilíbrio dinâmico às relações espaciais nos sistemas de drenagem, oferecendo nova abordagem à interpretação da paisagem.

Cassetti (1994) observa que essa teoria conjectura que, em um sistema erosivo, todos os elementos da topografia estão reciprocamente combinados, de maneira que se modificam na mesma proporção. As formas e os processos encontram-se em estado de estabilidade e podem ser considerados como independentes do tempo. Ainda segundo esta análise:

A teoria requer um comportamento balanceado entre forças opostas, de maneira que as influências sejam proporcionalmente iguais e que os efeitos contrários se cancelem a fim de produzir

o estado de estabilidade, no qual a energia está continuamente entrando e saindo do sistema. Assim o estado de estabilidade representa o funcionamento do sistema no momento em que todas as variáveis estão ajustadas em função da quantidade e variabilidade intrínseca da energia que lhe é fornecida. Dessa maneira, se houver alteração no fornecimento de energia (oscilação climática por exemplo), o sistema reagirá a tais modificações e desenvolver-se-á até alcançar nova estruturação, no estado de estabilidade (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 19).

De acordo com Christofolletti (1973, p. 19), a argumentação de Hack “baseia-se no fato de que as formas de relevo e os depósitos superficiais têm uma complexa, mas íntima, relação com a estrutura geológica”. Destaca que Hack observou que a declividade dos canais fluviais diminui com o comprimento do rio, isto é, com a distância a partir das divisas da bacia, de maneira específica conforme o tipo de rocha. No entanto, o valor da declividade do canal em determinada distância a partir do divisor é muito diferente para as variadas espécies de material; cita, por exemplo, na bacia do Shenandoah, na distância de uma milha (1,6 km), onde os canais nos arenitos endurecidos possuem um gradiente de, aproximadamente, dez vezes o dos canais esculpidos nos folhelhos. A amplitude topográfica, a distância vertical entre o topo da vertente e o fundo do vale de um rio adjacente, é aproximadamente igual dentro de determinado tipo de rocha, mas difere muito de uma litologia para outra. Observou também que os perfis das vertentes variam conforme o tipo litológico.

Christofolletti (1973), ao explicar sobre a teoria de Hack considera o equilíbrio de uma paisagem como resultante do comportamento equilibrado entre os processos morfogenéticos e a resistência das rochas, e também considera as influências catastróficas atuantes na região. O ajustamento entre tais forças é simultâneo entre as várias partes da mesma bacia de drenagem e, onde as rochas forem mais resistentes, as declividades das vertentes serão mais acentuadas que as verificadas em rochas de menor resistência. Destaca que, quaisquer que sejam as condições de energia, a composição litológica influencia como agente diferenciador na topografia, e o equilíbrio é alcançado quando as várias partes de uma paisagem pertencentes ao mesmo sistema apresentarem a mesma intensidade média de erosão, tanto nas rochas resistentes quanto nas frágeis. Quando as formas se encontrarem ajustadas no estado de estabilidade, haverá variação topográfica em virtude do entrosamento entre os fatores atuantes. Observa que como as formas estabilizadoras se matem, independentemente do tempo, o mesmo ocorrerá com a variabilidade morfológica. Assim, a paisagem não evolui necessariamente para o aplainamento geral, pois o equilíbrio pode acontecer sob os mais variados “panoramas topográficos”.

Na seqüência da análise destaca que:

Richard J. Chorley (1962) considera que o sistema aberto pode atingir o equilíbrio dinâmico, no qual a importação e a exportação de energia e matéria são equacionadas por meio de um ajustamento das formas, ou geometria, do próprio sistema. Dessa forma, o gradiente dos canais fluviais é ajustado à quan-

tidade de água e carga e à resistência do leito, de tal maneira que o trabalho seja igual em todas as partes do curso. Observa que esse ajustamento é conseguido devido à capacidade de auto-regulação, e como há interdependência entre os elementos de todo o sistema, qualquer alteração que se processa em um segmento fluvial será paulatinamente comunicada a todos os demais elementos fluviais e, como um membro do sistema pode influir em todos os outros, cada um dos membros pode ser influenciado por qualquer outro (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 21).

A designação quase-equilíbrio, conforme Christofolletti (1973, p. 21), “foi proposta por Langbein e Leopold, (1964), para expressar a situação, na qual, alguns autores consideram que o equilíbrio não é alcançado de modo global em um sistema que está sofrendo contínuas alterações, como é o caso das paisagens”.

Com relação à Teoria Probabilística da Evolução do Modelado, argumenta Christofolletti (1973) que, quando se busca analisar a evolução do modelado terrestre em amplas áreas, torna-se inviável seguir em detalhe o desenvolvimento de cada constituinte (rios, vertentes etc.) do sistema em consideração. No entanto, a escala dos fenômenos atuantes é muito variada, assim como é complicada a interrelação entre eles, e o conhecimento só pode persistir por meio de considerações sobre as suas propriedades médias, utilizando-se conceitos probabilísticos. Destaca que Luna B. Leopold e W. B. Langbein, em 1962, foram os primeiros a empregar tal concepção na abordagem evolutiva das paisagens como um todo, usando analogias simples com a termodinâmica. A concepção básica dessa teoria assenta na existência de inumeráveis fatores atuantes na evolução do modelado. Destaca que:

as paisagens constituem um complexo de processos, exigindo, cada um, apropriadas escalas espacial e temporal para serem estudados. O mecanismo de cada um deles, assim como suas conseqüências, pode ser perfeitamente conhecido de maneira determinística. A combinação de tais processos faz-se de maneira aleatória e não se pode prever os resultados, que somente podem ser entrevistados na escala temporal e espacial. O modo mais correto para a análise é a formulação probabilística de tais combinações, que nos leva a resultados inesperados pela gama de paisagens possíveis (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 24).

Argumenta também que:

torna-se necessário precisar melhor a diferença entre o tratamento determinístico e o aleatório. No determinístico, os resultados vindos dos individuais são predizíveis com certeza completa sob certas circunstâncias, se são conhecidas as condições iniciais atuantes. Há conhecimento das causas, de suas intensidades e interrelações, e chega-se a obter um resultado que irá diferir da realidade por determinado erro (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 24).

Coloca, como exemplo, o caso das experiências sobre precipitação de partículas em um líquido, conforme a lei de Stokes.

no procedimento aleatório, ao contrário, parte-se de variáveis causais independentes e, introduzindo dependências e restrições, chega-se a obter resultados variados; o evento individual é imprevisível. No entanto, tais eventos apresentam certa regularidade estatística, e podem ser previstos como um grupo, composto por grande número de observações. Na natureza, cada caso é um resultado único que é interpretado como a realização histórica de um processo que, facilmente, poderia ter produzido outros resultados, a partir das mesmas contingências, conforme as probabilidades que lhe são relacionadas (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 24).

A tese fundamental de Leopold e Langbein, conforme exposto por Christofolletti (1973, p. 25), repousa no princípio da distribuição da energia, que “nos sistemas fluviais tende para o estado mais provável, governando o curso seguido pelos movimentos nos processos fluviais e as relações espaciais entre as diferentes partes do sistema, em qualquer tempo ou estágio”. Destaca que esses autores consideram que o desenvolvimento da paisagem envolve não somente a energia total disponível, mas a sua própria distribuição. Em analogia com as leis termodinâmicas, essa distribuição pode ser descrita como entropia. Adaptando esse conceito, Leopold e Langbein consideram que:

a entropia de um sistema é função da distribuição da energia disponível dentro do sistema, e não uma função da energia total dentro dele. Dessa maneira, a entropia relaciona-se com a ordem ou desordem; o grau de ordem ou desordem pode ser descrito em termos de probabilidade ou improbabilidade do estado observado (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 25).

Observa também que:

a distribuição da energia pode ser estudada como a probabilidade de ocorrer determinada distribuição em relação ao conjunto das possíveis distribuições alternativas. Nos sistemas geomorfológicos, essa concepção estatística da entropia aplica-se no sentido de exprimir a posição altimétrica relativa das partículas de água e de sedimentos que, no processo de evolução da paisagem serão gradualmente carregadas em direção ao nível de base. O nível de base define o limite inferior, no qual a movimentação molecular torna-se zero; essa função é análoga à da temperatura absoluta nos sistemas termodinâmicos. Por exemplo, nos cursos fluviais cada ponto ou trecho mostra determinada quantidade de energia, em virtude da altimetria e da distância das cabeceiras,

essa energia vai diminuindo à medida que se aproxima do nível de base (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 25).

O autor destaca, ainda, que a teoria probabilística:

apresenta perspectivas muito amplas e, engloba o estudo histórico dos processos e das paisagens. Quando se pode especificar as probabilidades relacionadas com os vários estados alternativo de determinado sistema, estamos elaborando um processo estocástico no qual a história real descrita em determinada ocorrência é apenas um exemplo entre as possíveis. Daí a razão de não haver paisagens idênticas; as contingências relativas à energia e à matéria e as interrelações espaciais e temporais entre os elementos são muito variadas e levam a resultados que possivelmente são semelhantes, mas não idênticos. A ocorrência de identidade, no entanto, é hipótese que não está excluída (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 26).

Nessa perspectiva, destaca Christofolletti (1973) que as paisagens fazem parte de um mesmo processo aleatório, sendo que as diferenças na intensidade da energia (variações na temperatura e na precipitação) e na distribuição da matéria (litologia e disposição das camadas rochosas) são as responsáveis pelas diversidades individuais. Entretanto, o autor observa que todas elas correspondem a exemplos de um mesmo conjunto; são estados alternativos.

Observa ainda Christofolletti (1973) que a teoria probabilística:

abriu amplas possibilidades para o emprego das técnicas de simulação, empregadas na análise de problemas relacionados com as redes de drenagem e com as vertentes. A contribuição de Culling (1963; 1965) sobre o movimento das partículas no processo de reptação constitui modelo estocástico altamente sofisticado, e o modelo foi construído levando em conta as condições úmidas, a rocha permeável e vertentes relativamente suaves, de modo que a eficiência da reptação no transporte do material fosse o fator limitante na denudação (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 27).

Ao finalizar a contribuição sobre as teorias geomorfológicas, Christofolletti (1973), destaca o argumento de que:

o conhecimento dos eventos naturais sempre é imperfeito porque se expressa através dos recursos de determinada linguagem. Cada linguagem apresenta possibilidades diferentes para a descrição e explicação dos fenômenos observados. A teoria davisiana utilizou a linguagem verbal; a teoria probabilística emprega a linguagem matemática. Por essa razão, o pesquisador

também deve se preocupar com os problemas relacionados com os tipos de linguagem, com suas vantagens e desvantagens (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 29).

O autor destaca, ainda, que Wayne Davies em 1972 observou que:

os avanços científicos mais importantes não estão relacionados com o conhecimento factual, mas com as novas maneiras de análise. Dentro de cada perspectiva analítica, o refinamento técnico constitui meios de aprimoramento. As novas proposições teóricas, abrindo outras perspectivas, permitem rearranjos dos fatos conhecidos e estruturas inéditas; elas fazem com que muitos elementos antes ignorados passem a ser levados em consideração possibilitando outra percepção espacial e novo comportamento (CHRISTOFOLETTI, 1973, p. 29).

Conclui Christofolletti (1973, p. 30) que a finalidade teórica da geomorfologia é encontrar uma explicação, uma significação, para as paisagens; significado esse que pode ser mutante conforme as épocas. Observa que essa meta constitui eterno desafio, pois demonstra a maneira pela qual o homem pode se relacionar com a natureza. “A geomorfologia é uma ciência plena de aplicações, que visa tornar as paisagens mais benéficas para a humanidade”.

1.5

SÍNTESE EVOLUTIVA DOS POSTULADOS GEOMORFOLÓGICOS (REVISITA CONFORME O EXPOSTO NA OBRA DE CASSETI, DE 1994)

O interesse do homem pelo relevo é muito antigo, assim como são antigas as tentativas de interpretação da diversidade de formas da superfície da crosta terrestre. As preambulares explicações eram construídas em redor de concepções religiosas, eram fantasiadas e apresentadas em forma de lendas. Na Idade Média, quando a Igreja dirigia a cultura e o ensino, o preceito da criação do mundo e da vida por um único ato de Deus dominava o ponto de vista. Assim, dois aspectos assinalaram as primeiras inquietações para a descrição e explicação das paisagens: o reconhecimento da capacidade modeladora de certos agentes; e a submissão a abordagem teológica, ao preceito da criação do mundo em seis dias. Caseti (1994) destaca que Leonardo da Vinci (1452-1519) e, dois séculos mais tarde, G. L. Buffon (1707-1788) deixaram informações sobre a compreensão dos processos da erosão fluvial, e tentaram conciliar os fatos convincentes de observação com os princípios cosmogônicos. Observa que o primeiro defensor da capacidade modeladora dos rios foi o escocês **James Hutton** (1726-1797), sendo ele considerado um dos principais precursores da Geologia e, com ela, da Geomorfologia. Suas teorias alicerçavam-se na observação dos fenômenos da natureza e na sua generalização corrente. É dele a primeira tentativa científica de estruturar uma história natural para a evolução da Terra. Dizia James Hutton “é na filosofia da Natureza que a história natural da Terra deve ser estudada; e não devemos permitir-nos raciocinar sem elementos adequados, ou elaborar um sistema de sabedoria com base numa ilusão hipotética”. Dessa forma, nascia o princípio do atualismo – “o presente é a chave do passado” – que mais tarde, com Charles Lyell, por volta de 1830, conheceria melhor estruturação. Mesmo na Inglaterra, mais liberal, tais ideias entravam no campo da heresia e eram severamente castigadas. James Hutton passaria despercebido se seus críticos e seguidores não tivessem contribuído para a divulgação, embora restrita, de suas teorias, em especial John Playfair (1748-1819).



SAIBA MAIS: Hutton, J. Theory of earth; or an Investigation of the Laws observable in the Composition, Dissolution and Restoration of Land upon the Globe. Trans. Royal Soc. Of Edinburgh, 1788, vol. 1, p. 209-304.

Discorre Caseti (1994) que progrediam os conhecimentos sobre os materiais existentes na crosta terrestre, solidificavam-se os padrões acerca das estruturas geológicas, mas continuavam frágeis os avanços da compreensão dos processos de modelação do relevo. No começo do século XIX, havia três correntes de pensamento sobre estes dilemas: a dos fluvialistas, com exíguo número de adeptos; a dos estruturalistas e a dos diluvialistas. Observa que, em 1930, Charles Lyell (1797-1875) difundia as bases da geologia como ciência independente, ao publicar *Principles of Geology*. A sua obra dominou o campo geológico; entretanto, os avanços na explicação das formas de relevo foram quase nulos.

Caseti (1994) realça que a importância da abrasão marinha foi posta em evidência por Andrew C. Ramsay (1814-1891) e por Ferdinando Von Richthofen (1833-1905). Aponta que Ramsay descreveu, no seu estudo geológico e geográfico da Grã-Bretanha, o que acreditou ser uma aplanagem marinha das terras altas do ocidente e introduziu um método de estudo da evolução do relevo, através da reconstrução visual das estruturas truncadas. Realça que Richthofen trouxe apoio às ideias de Ramsay pelas suas observações realizadas na China. Observa que começou a impor-se o fluvialismo e, assim, mediam-se caudais, cargas transportadas pelos rios, declives dos perfis dos leitos, entre outros, numa tentativa de avaliação da capacidade modeladora desses agentes erosivos. Reconhecia-se a originalidade das regiões tropicais, onde os mares são calmos e os gelos inexistentes, as chuvas e os rios com os seus regimes particulares são, de longe, os agentes dominantes da modelação do relevo terrestre. Ficava assim comprovada a importância do fator climático.

Evidencia Caseti (1994) que, nos Estados Unidos da América, o pensamento geomorfológico viria a conhecer a grande reforma. Apareceriam os meios de formulação das principais noções teóricas que permitiriam isolar a Geomorfologia, separando-a da Geologia. A Geomorfologia conheceria progressos decisivos com James W. Powell (1834-1902), Grove K. Gilbert (1834-1918) e Clarence E. Dutton (1841-1912) destaca que Powell, em 1875, apresenta um relatório sobre o Grand Canyon do rio Colorado, no qual ficaram a dever o conceito fundamental de nível de base de erosão, da natureza e capacidade relativa dos processos de erosão, e da classificação genética das formas baseadas nas relações entre os vales e as estruturas geológicas e segundo as suas origens. Para James Powell, o nível de base era mais um conceito teórico de que uma realidade física, pela dificuldade de captar o momento em que um rio tenha parado de escavar o seu leito; a forma final da evolução do relevo de uma região corresponderia a uma planura um pouco acima do nível do mar.

Caseti (1994) frisa que a feição comum do êxito de todos os postulados científicos está na capacidade dos seus autores condensarem e consolidarem num conjunto harmônico as unidades separadas. James Hutton fez com a sua teoria da sucessão uniforme dos mundos; J.L. Agassiz, com a dos glaciares; James Powell, com a do nível de base da erosão fluvial; G. Gilbert, com a dos declives progressivos dos leitos e dos ajustamentos dinâmicos dos mecanismos da erosão. Estavam assim criados os conceitos fundamentais da Geomorfologia, as linhas de pensamento que William Morris Davis exploraria com tanto êxito e, entre 1884 e 1889, lançou o esquema do *geographical cycle* e, em 1889, empregou pela primeira vez o termo *peneplain*. Estes

dois conceitos, que, na Europa, autores como A. Lapparent, Emmanuel De Martonne e Henri Baulig consolidariam, seriam os alicerces da construção geomorfológica de nossos dias. Casseti (1994) observa ainda que Baulig, em 1961, argumenta que a estrutura clássica de Davis constitui até hoje a melhor introdução ao estudo das formas do terreno, embora reconhecesse as inexatidões da teoria cíclica ao desprezar a análise rigorosa da complexidade dos mecanismos da modelação do relevo.

Casseti (1994) destaca que na Europa central e oriental, em especial na Alemanha, surgiram os ataques mais vigorosos aos conceitos davisianos. Observa Casseti (1994) que as colocações de Davis chocaram as tradições naturalistas seguidas pelos geógrafos alemães. Realça que para eles, em primeiro lugar estava a acumulação sistemática de observações, o estabelecimento dos fatos e, só depois, as generalizações, a teoria geral. Frisa que contra a sucessão progressiva e irreversível de Davis, na sua *Die Morphologische Analyse* (1924) e que ele defendeu as interferências entre movimentos contínuos da crosta terrestre e a ação das forças exógenas: o relevo deve ser analisado sob todos os aspectos, como resultado da ação recíproca dos processos internos e externos, considerados na sua evolução histórica.

Ao destacar a obra de **A. Chorley**, Casseti (1994) observa que se tem imposto a definição de uma geomorfologia climática, isto é, a necessidade da apreciação dos climas do Globo para a devida compreensão da importância dos diferentes processos geomórficos. Destaca William D. Thornbury (1924), com o manual *Principles of Geomorphology*, onde observa que numa primeira fase de estudo do relevo realiza-se uma geomorfologia descritiva, isto é, a análise fisionômica, quer de tipo qualitativo (morfografia), ou de tipo quantitativo (morfometria), princípio para entendimento dos processos que originam as formas e das suas relações de causalidade: a geomorfologia genética, em que cada processo, pelas suas marcas modeladas, delinea formas características de relevo. Nesse sentido, se deverá considerar uma morfodinâmica interna e uma morfodinâmica externa do relevo, duas divisões que são mais conhecidas como geomorfologia estrutural (as estruturas geológicas seriam os fatores dominantes na evolução das formas de relevo e refletem-se nelas) e geomorfologia climática (é necessária a apreciação dos climas do Globo, para o conhecimento dos processos). Destaca ainda Casseti (1994) que a geomorfologia histórica constitui a parte mais complexa do estudo do relevo, uma vez que estuda a evolução das formas e o estabelecimento das suas idades relativas: ou seja, a interpretação correta das formas atuais de relevo é impossível sem o conhecimento das influências das modificações climáticas e geológicas sobrevindas em períodos anteriores, a paleogeomorfologia.



SAIBA MAIS: Chorley, A. *Morphologie structurale et morphologie climatique*. *Annales de Géographie*. Paris, 1950. vol. 317; p. 321-335.

Outro aspecto desta versatilidade teórica a ser destacada é a discussão do lugar da Geomorfologia na classificação das Ciências. Se ela deve assentar-se ao sistema das Ciências Geográficas, ou pertencer ao sistema das Ciências Geológicas. Observa Casseti (1994) a possibilidade de um lugar único: uma Ciência de fronteira, soberana, na interface dos sistemas geográfico e geológico, definida pelos próprios objetos de estudo (o relevo da superfície terrestre é, ao mesmo tempo, uma componente dinâmica do ambiente geográfico e um produto da evolução geológica), e pelos progressos dos seus pontos de vista metodológicos e das suas teorias gerais.

Embora o interesse pelas situações bioclimáticas da elaboração das formas de relevo tivesse sido compreendida muito cedo, só recentemente o tema viria a ser objeto de um exame sistemático, de orientação geográfica. Observa Casseti (1994) que a evolução dos conhecimentos geológicos impunha a renúncia aos esquemas tectônicos tradicionais: a ideia de surtos orogênicos breves separados por longos períodos de atonia tectônica. Acrescenta que assim sucumbiu o quadro geocronológico em que se inseria o esquema cíclico. O conhecimento das relações de tipos de solos ou de variações de resistência das rochas com condições particulares de clima conduziu a outros caminhos de investigação geomorfológica, finaliza Casseti (1994).



SAIBA MAIS: Datam do princípio do século XX os trabalhos de J. Walther, S. Passarge, A. Penck, sobre os problemas da modelação do relevo em regiões desérticas.

Conforme Casseti (1994), verifica-se que o estudo da evolução do relevo em regiões tropicais úmidas veio mostrar que, sendo a erosão fluvial dotada de características diferentes daquelas das regiões frias, as formas de vales teriam de ser descritas, muitas vezes, como formas independentes e não como variantes de um mesmo tipo básico. Cita autores alemães como W. Bornhardt (1899), que chamaram a atenção para as vastas planuras com inselbergs nos climas de savana da África Oriental, encontradas também sob climas análogos em outras áreas do Globo. Examina que se reconheceram as relações do clima com os aspectos diferentes do perfil de uma vertente, e de formas semelhantes em áreas marginais dos climas tropicais. Cita também S. Passarge que, em 1904, ao trabalhar no Kalahari, chamou atenção para os fenômenos de oscilações bioclimáticas nas margens dos grandes desertos, que teriam facilitado o desenvolvimento das superfícies de sopé: períodos úmidos com floresta favoreceriam uma alteração profunda das rochas; a destruição da cobertura de vegetação, em períodos de clima mais seco, facilitaria o escoamento dos produtos dessa alteração. Ideia esta retomada em 1956 por H. Erhart, ao admitir a alternância de períodos bioestáticos e de períodos resistáticos (rupturas de equilíbrio biológico) para explicação de fenômenos pedogenéticos e esclarecimentos de um grande número de problemas geológicos, geoquímicos e biológicos.

Casseti (1994) destaca a preocupação do estudo comparativo dos tipos de erosão subaérea nos diferentes quadros climáticos do Globo tem levado autores a oporem à eficácia de certos sistemas de erosão à lentidão de outros. Nesse particular, cita Pierre Birot e Jean Tricart marcando que desta forma foi nascendo a ideia dos “sistemas de erosão”, ou “sistemas morfofenéticos”, definidos como conjuntos de processos complexos, ou de combinação de fatores da modelação do relevo, e que tem sido utilizados como bases de um zoneamento morfoclimático do Globo, a partir dos fenômenos atuais e também das influências paleoclimáticas, finaliza Casseti (1994).



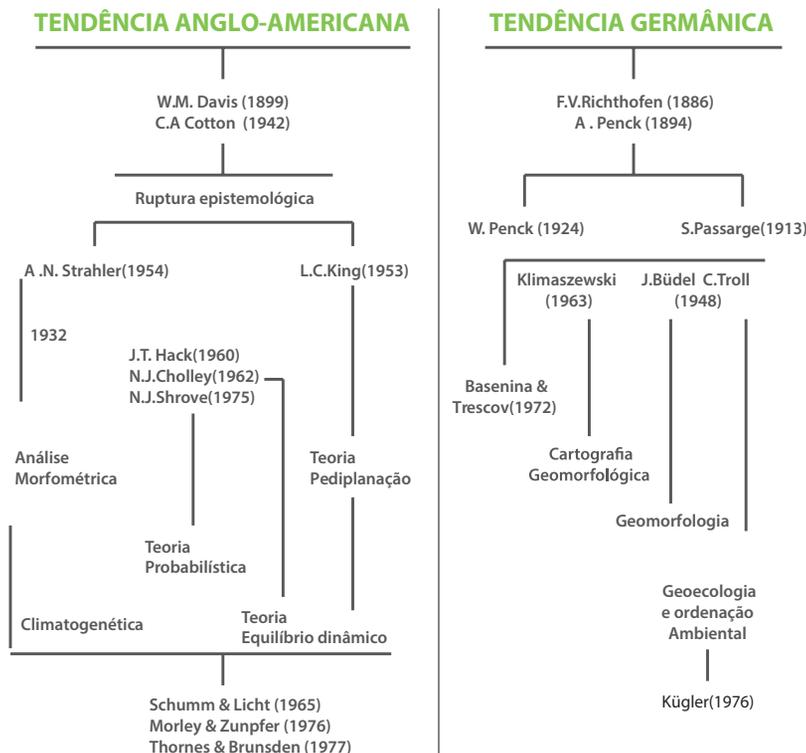
SAIBA MAIS:
BIROT, P. **Problèmes de Morphologie Générale**. Lisbonne, 1949.

BIROT, P. **Le Cycle d'Erosion sous différents Climats**. Rio de Janeiro, 1960.

TRICART, J. **Traité de Géomorphologie**. Paris, 1962.

Desde meados do século XIX, as tentativas de descrição sistemática e de interpretação das formas do relevo do globo, modeladas pelos agentes erosivos, têm conhecido diversas orientações. Cassetti (1994) aponta que o estudo das superfícies de aplanação como objetos finais da evolução, orientou os pesquisadores em três direções: procurou-se um agente de erosão cuja ação fosse eficaz, universal e permanente – o mar - e, as superfícies foram consideradas de abrasão marinha. Todavia, a insuficiência desta explicação, facilmente contestada, tornou-se demasiado evidente. Observa que com William Davis passou-se ao conceito do “ciclo de erosão”, com as suas três fases de evolução, marcando a transição de um relevo vigoroso, de montanha, para um relevo de peneplanície, que muito contribuiu para emancipar a Geomorfologia da sua ligação com a Geologia. Evidencia que o esquematismo desta interpretação, o seu caráter unilateral e a ausência de certas relações factuais, provocaram reações inevitáveis: tendências para se criar uma teoria “não cíclica”, para se atribuir às formas uma significação climática, de climas atuais e climas do passado, e para se dar lugar importante às noções de estágio e fase como unidades cronológicas de relevo. A figura 2 ilustra a filogênese da teoria geomorfológica.

FIGURA 2 – Filogênese da Teoria Geomorfológica



FONTE: Adaptado de Abreu (1983); Cassetti (1991).

De acordo com Caseti (1994), o exame dos relevos da superfície terrestre impõe o estudo conjunto de duas séries complexas de fatores, contínua e historicamente ligados: os relativos à natureza própria das formas, ou seja, às circunstâncias bioclimáticas e às circunstâncias internas em que os seus elementos puderam ser elaborados; os que se referem à sua vitalidade, à sua persistência, e que permitem compreender porque é que não foram destruídos. Destaca Caseti (1994) e C. Klein (1960) que traduzem estas relações como a evolução geomorfológica sendo regulada pela forma como se conjugam, segundo a linha do tempo e três ritmos fundamentais: os ritmos tectônicos, os ritmos eustáticos e os ritmos bioclimáticos. Também ressalta os trabalhos de geomorfólogos americanos, notadamente os de A. N. Strahler que, em 1952, apresentou um sistema de geomorfologia dinâmica e experimental, fundamentado em princípios da física dos fluidos e da construção de modelos para estudos dos processos geomórficos, de acordo com dois pontos de vista essenciais: geomorfologia dinâmica, analítica, quantitativa; geomorfologia histórica, regional. Observa que nenhum dos pontos poderá prosseguir independentemente do outro, ou seja, o geomorfólogo dinâmico tem de estar atento às modificações temporais dos processos que analisa.

1.6

OS SISTEMAS DE REFERÊNCIA EM GEOMORFOLOGIA (REVISITA CONFORME O EXPOSTO NA OBRA DE CASSETI, DE 1994)

O quadro 1 apresenta um esquema relativo aos Sistemas de Referência Geomorfológicos.

QUADRO 1 – Sistemas de referência geomorfológicos

CARACTERÍSTICAS	W. M. DAVIS (1899)	W. PENCK (1924)	L. C. KING / J. PUGH (1953)	J. T. HACK (1960)
CARACTERÍSTICA GERAL DO SISTEMA	Rápido soerguimento com posterior estabilidade tectônica e eustática	Ascensão de massa com intensidade e duração diferentes	Estabilidade tectônica admitindo compensação isostática logo após o fornecimento de material (predomínio da denudação)	Toda a alternância de energia interna ou externa gera alteração no sistema através da matéria.
RELAÇÃO SOERGIMENTO/DENUDAÇÃO	Início da denudação (comandada pela incisão fluvial) após estabilidade ascensional	Intensidade de denudação associada ao comportamento crustal	Denudação concomitante ao soergimento	Reação do sistema com alteração do fornecimento de energia (oscilações climáticas)
CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO EVOLUTIVO	Evolução morfológica de cima para baixo (wearing-down)	Evolução por recuo paralelo das vertentes (wearing-back)	Evolução morfológica por recuo paralelo (wearing-back)	Todos os elementos da topografia estão mutuamente ajustados. Modificam-se na mesma proporção
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS	Fases antropomórficas: juventude, maturidade e selenidade (peneplano)	Processos de declividade laterais das vertentes: convexas, retilíneas e côncavas (relação incisão/denudação por implatação crustal)	Nível de pedimentação (coalescência de pedimentos: pediplano)	As formas são estáticas e imutáveis. Íntima relação com a estrutura geológica
ESTÁGIO FINAL OU PARCIAL DA MORFOLOGIA	Peneplanização (formas residuais monadnocks)	Superfície primária (lenta ascensão compensada pela denudação). Não haveria produção de elevação geral da superfície	Pediplanação (formas residuais: inselbergs)	Não evolui necessariamente para aplainamento (equifinalização). O equilíbrio pode ocorrer sob os mais variados "panoramas topográficos"
NOÇÃO DE NÍVEL DE BASE	Processo evolutivo comandado pelo nível de base geral	Vertente evolui em função do nível de base local	Pressupõe a generalização de níveis de base (qualquer ponto de um rio é considerado nível de base para os demais à montante)	Ajustamento sequencial
VARIÁVEIS QUE COMPÕEM O SISTEMA	Temporal/estrutural com subordinação da processual	Processo, tectônica e tempo	Processo/forma, considerando o fator temporal, admitindo implicações isostáticas	Relação formas/processos independentes do tempo (processo morfogenético-resistência das rochas-influências diastróficas)

FONTE: Adaptado de Casseti (1994).

Conforme observa Caseti (1994), a estruturação da ciência geomorfológica aparece em 1899 nos Estados Unidos, com o representante da tendência anglo-americana W. M. Davis. Destaca que se constituiu na primeira interpretação dinâmica da evolução geral do relevo (ciclo de erosão geográfico). Observa que as ideias de W. M. Davis foram contestadas, sobretudo por W. Penck (1924), representante da escola germânica, que culminou na ruptura epistemológica da primeira a partir do Simpósio de Chicago em 1939. Pondera também Caseti (1994) que a escola anglo-americana pós-davisiana foi marcada por uma tendência fundamentada na Teoria Geral de Sistemas e no processo de quantificação, destacando-se os trabalhos de L.C. King (1955) e J. Hack (1960).

1.6.1 O Sistema de William M. Davis

O sistema de W. M. Davis (1889), conforme chama atenção Caseti (1994), sugere que o processo de denudação inicia-se a partir de uma rápida emersão da massa continental. Explica que diante do elevado gradiente produzido pelo soerguimento em relação ao nível de base geral, o sistema fluvial produz forte entalhamento dos talwegues, originando verdadeiros canyons, que caracterizam o estado antropomórfico denominado de juventude. A ideia mais importante é a de que os rios não podem erodir abaixo do seu nível de base. Observa Caseti (1994) que Davis, portanto, se viu obrigado a completar o conceito de nível de base com outro fundamental, o de “equilíbrio”, para o que se utilizou da ideia de balanço entre a erosão e a deposição. O trabalho comandado pela incisão vertical do sistema fluvial desaparece com o estabelecimento do perfil de equilíbrio, quando a denudação inicia o rebaixamento dos interflúvios, marcando o fim da juventude e o começo da maturidade. Conforme Caseti (1994), o processo denudacional que individualiza a maturidade, para Davis, caracteriza-se pelo rebaixamento do relevo de cima para baixo (wearing-down: desgastar para baixo), o que torna necessário admitir a continuidade da estabilidade tectônica, bem como dos processos de erosão. A evolução considerada tende a atingir total horizontalização topográfica, estágio denominado de senilidade, quando a morfologia seria representada por extensos “peneplanos”, às vezes interrompidos por formas residuais determinadas por resistência litológica, denominadas monadnocks. Nesse instante haveria praticamente um único nível altimétrico entre interflúvios e os antigos fundos de vales (níveis de base), os quais estariam representados por cursos meandrantos (para Davis a meandração significava a senilidade do sistema fluvial), com calhas aluviais inumadas pela redução da capacidade de transporte fluvial. De acordo com Caseti (1994), para Davis (1899), o relevo, ao atingir o estágio de senilidade, seria submetido a novo soerguimento rápido, que implicaria nova fase, denominada rejuvenescimento, dando sequência ao ciclo evolutivo da morfologia.

Conforme Caseti (1994), destacando Carson e Kirkby (1972), existem duas suposições-chave no sistema descritivo: a primeira é a de que a emersão e a denudação não podem ocorrer concomitantemente, ou seja, a denudação pode somente adquirir alguma importância quando a massa de terra estiver tectonicamente estável. A segunda é a suposição de que os rios sofrem duas fases de atividades: rápida incisão inicial e depois virtual repouso, uma vez atingido o estágio de equilíbrio. A

condição de “virtual” repouso significa a continuidade evolutiva, sem assumir o esforço indutivo evidenciado na situação anterior.

Para Casseti (1994), cabe destaque que considerações ao sistema ou modelo proposto por Davis têm sido apontadas em ambas as suposições, partindo do princípio de que o processo de soerguimento não pode estar dissociado dos efeitos denudacionais, ou seja, ao mesmo tempo em que o relevo se encontra em ascensão por esforço tectônico, os processos morfogenéticos estarão atuando. Também seria impropriedade a ideia de uma estabilidade tectônica, da juventude até a senilidade. A impossibilidade de se admitir estabilidade tectônica absoluta por um período geológico prolongado inviabiliza a ideia de se atingir o “virtual repouso”, o que faz supor o estabelecimento do perfil de equilíbrio imaginário. Observa Casseti (1994) que torna-se difícil admitir a possibilidade de um período de estabilidade tão prolongado para permitir o desenvolvimento do peneplano de Davis, caracterizando uma certa comodidade esquemática. Salienta que Davis desconsiderou ainda a possibilidade de mudanças climáticas “acidentais” no modelo, o que resultaria em deformação no sistema imaginado. Conforme Casseti (1994), igualmente o conceito de estágio esboçado por Davis, com base nas ideias de Gilbert (1877), tem sido contestado por geólogos americanos, como Leopoldo e Meddock (1953), que acreditam na existência de estágio relativamente precoce no processo de incisão, sugerindo a mudança na atividade fluvial: de rápida incisão inicial, para o processo de formação de planície aluvial.

Assim, Casseti (1994) considera que o caráter cíclico utilizado por Davis como modelo evolutivo, constitui, no conceito científico geral, estágio embrionário de qualquer natureza do conhecimento. Destaca que, apesar das críticas relativas ao modelo específico sugerido por Davis, muitos geomorfólogos o aceitam enquanto noção de um sistema evolucionário. Ressalta Casseti (1994) que, conforme King (1953), algumas autoridades têm preterido todo o conceito cíclico, enquanto outras têm aceito a ideia usual da existência de um ciclo evolutivo da morfologia processada pelos efeitos erosionais.

Em síntese, Casseti (1994) destaca que a formulação evolucionista utilizada por Davis é contestada pelo excessivo idealismo, discutível generalização do ciclo e limitação temporal da geodinâmica responsável pelo estágio final do equilíbrio hidrológico. Observa que tais elementos constituíram os pressupostos básicos de sua teoria, a qual implica concepção orgânica do relevo (fases antropomórficas) e ao mesmo tempo uma simplificação do sistema de referência (“hipóteses fundamentais simples” na observação de Leuzinger, 1948). Destaca Casseti (1994) que a prática dedutivista (observação, descrição e generalização) e a práxis desligada do resto da Geografia são os principais pontos de contestação pela corrente naturalista da escola germânica, que tem como principais representantes, Albrecht e Walther Penck. Aponta Casseti (1994) que, para Leuzinger (1948), o método aconselhado por Davis não é dedutivo. Ele próprio o denominou de método explicativo ou genético e o qualificou como uma combinação dos métodos dedutivo e indutivo. Frisa Casseti (1994) que Leuzinger (1948) explica que o método indutivo aplicado à geomorfologia reside em observar e descrever primeiramente, com detalhes e sem ideias preconcebidas, os fatos geomorfológicos tais como eles se apresentam, e estabelecer, somente após, uma hipótese explicativa dos mesmos. Para o método

dedutivo, ao contrário, estabelecem-se em primeiro lugar as formas que se devem derivar das forças que agem na superfície da terra, e verifica-se depois se estas formas coincidem com as existentes. Casseti (1994) destaca que Davis reunia e analisava o material disponível, induzia a generalizações e hipóteses explicativas, deduzia as consequências que derivam de cada hipótese, confrontava essas consequências com os fatos, tirando as primeiras conclusões; revelava e aperfeiçoava as explicações concebidas e tirava uma conclusão final sobre as hipóteses que resistissem às refutações, recebendo o nome de teoria. Explica Casseti (1994) que Leuzinger (1948) conclui que na verdade esse método é indutivo e as deduções que contém destinam-se somente à confirmação das teorias obtidas por indução. Observa Casseti (1994) que Carson e Kirkby (1972) valorizam a pertinência do modelo davisiano enquanto sistema de referência.

1.6.2 O Sistema de Walther Penck

Casseti (1994) destaca que Walther Penck foi um dos eminentes críticos do sistema de Davis, principalmente ao afirmar que a emersão e a denudação aconteciam ao mesmo tempo, conferindo dessa forma a devida importância aos efeitos processuais. Observa que as críticas de Walther Penck apóiam-se no método empregado por Davis e na ausência de conexão com a ciência geográfica, uma das principais preocupações da escola germânica. Casseti (1994) frisa que Penck (1924) procura demonstrar a relação entre entalhamento do talvegue e efeitos denudacionais em face do comportamento da crosta, que poderia se manifestar de forma intermitente e com intensidade variável, refutando o modelo apresentado por Davis há um rápido soerguimento da crosta com posterior estabilidade tectônica, até que se atingisse a suposta senilidade, quando nova instabilidade possibilitaria a continuidade cíclica da evolução morfológica. Casseti (1994) ressalta que, para Penck (1924), o valor da incisão achava-se na dependência do grau de soerguimento da crosta, o que proporcionaria evidências morfológicas ou grupos de declividades vinculados à intensidade da erosão dos rios, submetidos aos efeitos tectodinâmicos. Observa ainda que Penck (1924) propunha que em caso de forte soerguimento da crosta, ter-se-ia uma correspondente incisão do talvegue, que por sua vez implicaria aceleração dos efeitos denudacionais em razão do aumento do gradiente da vertente. Destaca Casseti (1994) que, de acordo com Penck (1924), admitindo-se que o efeito denudacional não acompanhasse de imediato a intensidade do entalhamento do talvegue, ter-se-ia o desenvolvimento de vertentes convexas.

Conforme Casseti (1994), pode-se concluir que Walther Penck levou em consideração a noção de nível de base local e a correspondência entre soerguimento, incisão e denudação, valorizando a relação processual, própria da concepção germânica. Observa Casseti (1994) que uma adicional situação apontada por Penck (1924) é a de que, existindo um soerguimento moderado da crosta, com proporcional incisão do talvegue, poderia ocorrer uma compensação equilibrada pelos efeitos denudacionais, proporcionando o desenvolvimento de vertentes retilíneas ou manutenção do ângulo de declividade, o que foi denominado por ele de “superfície primária. Também observa Casseti (1994) que se pode concluir que quando a ascensão da crosta é pequena, ocorre um fraco entalhamento do talvegue, sendo

a denudação superior o que propicia o desenvolvimento de vertentes côncavas. Em suma, enquanto a forma convexa implica período de crescente intensidade de erosão, a forma côncava é prova de enfraquecimento erosivo ou de intensidade de erosão decrescente.

Casseti (1994) examina que, para Carson e Kirkby (1972), continua ideia de que Penck (1924) considerou os perfis de declividade de modo que eles são resultados da dinâmica da crosta terrestre. Observa que isto tem forte relação com os escritos de Davis. Destaca também Casseti (1994) de que o fato dos autores não se oporem às ideias de Penck é admitir que o sistema de levantamento-denudação proposto por Davis é possivelmente o mais acertado para a maioria dos casos. Observa, que enquanto Davis afirmava que o relevo evoluía de cima para baixo (*wearing-down*), Penck (1924) acreditava no recuo paralelo das vertentes (*wearing-back*, ou desgaste lateral da vertente), constituindo-se no modelo aceito para o entendimento da evolução morfológica, finaliza Casseti (1994).

Em síntese, a maneira dinâmica da proposta penckiana foi um dos principais argumentos responsáveis pela ruptura epistemológica registrada na linhagem anglo-americana, à época da Segunda Guerra Mundial, até então fielmente adepta das idéias consagradas de Davis.

1.6.3 O Sistema de Lester C. King

Casseti (1994) observa que a ideia de períodos rápidos e intermitentes de soergimento da crosta, separados por longos períodos de estabilidade tectônica é o ponto principal do sistema apresentado por King (1955) e Pugh (1955), fundamentado em estudo de caso na África do Sul. Frisa que essa teoria procura restabelecer o conceito de estabilidade tectônica considerado por Davis, mas admite o ajustamento por compensação isostática e considera o recuo paralelo das vertentes (*wearing-back*) como forma de evolução morfológica, de acordo com proposta de Penck (1924). Também Casseti (1994) destaca que esses autores argumentam que o recuo acontece a partir de determinado nível de base, iniciado pelo nível de base geral, correspondente ao oceano. Observam que material resultante da erosão decorrente do recuo promove o entalhamento das áreas depressionárias, originando os denominados pedimentos. Ainda ressaltam que a evolução do recuo por um período de tempo de relativa estabilidade tectônica permitiria o desenvolvimento de extensos pediplanos, razão pela qual a referida teoria ficou conhecida como pediplanação. Observa Casseti (1994) que, enquanto Davis chamava as grandes extensões horizontalizadas na senilidade de “*penepplanos*”, King (1955) as considerava como “*pediplanos*”, com formas residuais denominadas *inselbergs*. O autor afirma que o emprego de uma das terminologias, *penepplano* ou *pediplano*, caracteriza a filiação epistemológica (anglo-americana ou germânica), considerando as diferenciações genéticas (*down wearing* ou *back wearing*).

Casseti (1994), ao citar Pugh (1955), atenta para a razão que ele admite que a diferença no processo de erosão oferece resultados importantes. Observa que existe uma reação isostática quase imediata ao abaixamento vertical da paisagem por erosão lateral. Destaca que assim a compensação isostática acontece apenas quando o início de denudação tenha acontecido. Ela é, portanto, um evento intermitente.

Destaca Casseti (1994) que, para Pugh (1955), uma vez ocorrido o reajustamento isostático, uma outra nova escarpa e um outro nível de embutimento, ou seja, nova superfície pediplanada, é originada, demonstrando a evolução e a gênese para o desenrolar de níveis de aplainamento em um mesmo ciclo morfoclimático.

Releva, entretanto, Casseti (1994) observando o proposto por Pugh (1955) que deve-se considerar que, apesar da teoria da pediplanação ter sido originalmente relacionada a um clima úmido, como as demais apresentadas, partindo do princípio que foram produzidas nas regiões temperadas, supõe-se que a horizontalização topográfica esteja vinculada a um clima seco, assim como o desenvolvimento vertical do relevo encontra-se relacionado a um clima úmido, levando em conta a incisão vertical da drenagem. Assim, a desagregação mecânica seria a grande responsável pelo recuo paralelo das vertentes, e seus detritos, a partir da base em evolução, se estenderiam em direção aos níveis de base, produzindo entulhamento e conseqüente elevação do nível de base local. Esse entulhamento se daria por atividades ou processos torrenciais, originando as formas conhecidas como bajadas e proporcionando o mascaramento de toda irregularidade topográfica, caracterizando a morfologia dos pediplanos, finaliza Casseti (1994), basenado-se em Pugh (1955) e King (1955).

1.6.4 O Sistema de John T. Hack

De acordo com Casseti (1994), o autor que mais tem trabalhado no enfoque acíclico do conceito de "equilíbrio dinâmico" é Hack (1960). Observa que esse conceito se fundamenta na teoria geral dos sistemas, vinculado à linhagem anglo-americana pós-davisiana. Destaca que o princípio básico da teoria é o de que o relevo é um sistema aberto, mantendo constante troca de energia e matéria com os demais sistemas terrestres, estando vinculado à resistência litológica. Aponta Casseti (1994) que enquanto a proposta de Penck considera o modelado como resultado da competição entre o levantamento e a erosão, Hack o considera como produto de uma competição entre a resistência dos materiais da crosta terrestre e o potencial das forças de denudação. Salienta Casseti (1994) que Gilbert (1877) foi o primeiro a tentar explicar a evolução do relevo com base no equilíbrio dinâmico, embora Hack (1957, 1960, 1965) tenha ampliado consideravelmente as idéias iniciais. Acentua que John T. Hack utilizou-a com o intuito de interpretar a topografia do vale do Shenandoah, na região dos Apalaches, levando em consideração as características das redes de drenagem e das vertentes. Casseti (1994) cita Christofolletti (1980) destacando que:

Essa teoria supõe que em um sistema erosivo todos os elementos da topografia estão mutuamente ajustados de modo que eles se modificam na mesma proporção. As formas e os processos encontram-se em estado de estabilidade e podem ser considerados como independentes do tempo. Ela requer um comportamento balanceado entre forças opostas, de maneira que as influências sejam proporcionalmente iguais e que os efeitos contrários se cancelem a fim de produzir o estado de estabilidade, no qual

a energia está continuamente entrando e saindo do sistema (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 168, apud CASSETI, 1994).

Conforme Christofolletti (1980), a oscilação de energia, quer seja interna ou externa, proporciona modificação no sistema. Essa alteração é manifestada por meio da matéria, razão pela qual os elementos da morfologia tendem a se ajustar em face das modificações ocorridas, seja pelas forças tectônicas, seja pelas alterações promovidas pelos processos desencadeados por meio de mecanismos morfoclimáticos. Observa que diante disso, a morfologia não tenderia necessariamente para o aplainamento, uma vez que o equilíbrio do sistema pode acontecer frente a variados cenários topográficos. Também nesse sentido, corroborando com Christofolletti (1980), frisa Casseti (1994) que para Hack, as formas de relevo e os depósitos superficiais apresentam estreita relação com a estrutura geológica, ou seja, com a litologia e o mecanismo de intemperização, mesmo que deixando transparecer uma maior valorização das estruturas e litologias. Ainda conforme Casseti (1994), Hack verificou que a declividade dos canais fluviais diminui com o comprimento do rio e varia em função do material que está sendo escavado.

Conforme Casseti (1994), enquanto Davis interpreta a uniformidade das cristas da Cordilheira dos Apalaches como resultado de rejuvenescimento de antigo peneplano, Hack a vê como manifestação de uma resistência estrutural igual às forças de erosão. Ou seja, na teoria do equilíbrio dinâmico as formas não são estáticas. Qualquer alteração no fluxo de energia incidente tende a responder por manifestações no comportamento da matéria, evidenciando alterações morfológicas. Como exemplo, as mudanças climáticas ou eventos tectônicos produzem alterações no fluxo da matéria, até a obtenção de novo reajustamento dos componentes do sistema. Casseti (1994) ainda acentua que algo intrínseco ao argumento de Hack é que o modelado do relevo se adapta rapidamente às variações dos fatores de controle ambiental. Observa que desse modo, quando o sistema recupera o equilíbrio dinâmico, apagam-se gradativamente as marcas associadas às fases anteriores que estavam presentes na paisagem. Destaca que o referido equilíbrio poderá ser mantido ainda em condições de instabilidade tectônica, mas para isso é necessário que os efeitos denudacionais acompanhem o mesmo ritmo, o que já havia sido admitido anteriormente por Penck (1929).

Conforme Christofolletti (1973) e Casseti (1994), a ideia de equilíbrio, mesmo que tenha sido empregada por Davis a fim de caracterizar uma condição de estabilidade erosiva, como por exemplo, no caso do sistema hidrográfico onde é colocada a noção de perfil de equilíbrio, ela esteve considerada por Hack numa perspectiva sistêmica, como o resultado da reação compensada entre os processos morfogenéticos e a resistência das rochas. Também leva em consideração os efeitos catastróficos atuantes na região. Igualmente observam que se deve considerar que os sistemas abertos podem levar à equifinalização, ou seja, que condições iniciais diferentes podem conduzir a resultados finais semelhantes. Por exemplo, os calcários, resistentes aos processos físicos, podem adquirir, em determinado momento, semelhanças morfológicas a rochas resistentes aos processos químicos.

Frente ao que foi exposto, repara-se que existe certa relação de dependência entre a proposta de Hack e as teorias discutidas anteriormente. Nesse sentido,

Cassetti (1994) observa que além de agregar o conceito davisiano de equilíbrio em novo estilo, Hack emprega-se de relações dinâmicas indicadas por Gilbert (1877) e posteriormente apresentadas Penck (1924). Enfatiza Cassetti (1994) que o mérito conferido a Hack é o de organizar um encadeamento lógico na concepção sistêmica do modelado, em contraponto de uma perspectiva fragmentada do relevo.

ATIVIDADE – UNIDADE 1

1 – Elaborar um texto respondendo o que é e para que serve a geomorfologia, destacando o aspecto da geomorfologia como instrumento para o planejamento do uso e ocupação da terra. A postagem deverá ser realizada em fórum a ser indicado pelo professor no AVEA Moodle. O texto não deverá ser inferior a duas páginas e não ultrapassar o máximo de dez páginas, podendo nele ser incluídos figuras, esquemas e fluxogramas.

2 – Redigir um texto respondendo como ocorre a relação processo versus forma considerando os sistemas geomorfológicos antecedentes admitindo o mecanismo de retroalimentação. Para a realização dessa tarefa, deverão ser incluídos esquemas ou fluxogramas indicativos da relação entre os sistemas e o mecanismo geomorfológico. O texto não deverá ser inferior a duas páginas e não ultrapassar o máximo de dez páginas e a postagem da atividade deverá ser realizada no AVEA Moodle, mediante indicação do professor.

3 – Produzir um resumo acerca das linhas epistemológicas em geomorfologia tecendo considerações relativamente às teorias geomorfológicas. Para realização da atividade sugere-se que sejam organizados quadros e fluxogramas ilustrativos. A postagem da atividade deverá ser no ambiente AVEA Moodle a partir da indicação do professor.

4 – Organizar um quadro organograma tendo como base os sistemas de referência geomorfológicos destacando-os em suas características de acordo com a proposição dos autores. A atividade deverá ser realizada em fórum a ser indicado pelo professor no AVEA Moodle.

2

A QUESTÃO DO TEMPO
EM GEOMORFOLOGIA
E OS MECANISMOS
GEOMORFOLÓGICOS

INTRODUÇÃO

A unidade objetiva trazer, de forma sintética, a abordagem do tempo em geomorfologia. A evolução da Terra se dá através de ciclos sucessivos de erosão e transporte, deposição, consolidação e soerguimento, que se repetem eterna e lentamente. Essa é a noção de evolução lenta dos fenômenos e a teoria tempo cíclico-geológico.

A noção de tempo foi sistematizada por Lyell (1830), que afirmava que os processos passados não são visíveis, somente seus efeitos permanecem como provas de sua antiguidade e, para conhecê-los, é preciso comparar seus resultados com fenômenos modernos. Surge a ideia da existência de sucessivas alterações climáticas, em que se aceita a singularidade de cada evento.

A consolidação da ideia de tempo profundo permitiu definição dos limites do tempo geológico e do tempo geomorfológico. O primeiro abrange a origem da Terra, segundo sua gênese e constituição, e o segundo, as formas existentes na superfície, resultantes de processos endógenos e exógenos. Fica claro que o tempo geomorfológico se insere em apenas uma parcela do tempo geológico: o Quaternário. Enquanto para os geólogos, a compreensão da evolução da história da Terra se dá num período de tempo mais extenso, os geomorfólogos se restringem ao Quaternário e aos eventos que marcaram a evolução do relevo terrestre: as glaciações. Tradicionalmente, o estudo do Quaternário não leva em consideração a atuação antrópica, não obstante, o estudo da superfície registra a sua influência.

Portanto, ao abordar aspectos geomorfológicos, são os seguintes os princípios fundamentais:

- Os mesmos processos e leis que hoje operam, operaram ao longo do tempo geológico, ainda que não necessariamente na mesma velocidade (Uniformitarismo);
- A estrutura geológica é um fator dominante no controle da evolução das formas do relevo, e nelas se reflete;
- De uma forma geral, a terra possui relevo porque os processos geomórficos operam em diferentes intensidades;
- Os processos geomórficos imprimem no relevo suas características e cada processo desenvolve um conjunto específico de formas de relevo;
- À medida que os diferentes agentes de erosão atuam sobre a superfície terrestre, é produzida uma seqüência ordenada de formas de relevo;

- A complexidade na evolução geomorfológica é mais comum que a simplicidade (Ciclos);

- Poucas formas de relevo existentes são mais antigas que o terciário e a maior parte não são anteriores ao pleistoceno;

- A real interpretação das formas do relevo atual é impossível sem uma completa apreciação das múltiplas influências das mudanças geológicas e climáticas ocorridas durante o pleistoceno;

- Uma interpretação dos climas do mundo é necessária para um verdadeiro entendimento da importância da variação dos diferentes processos geomórficos;

- A geomorfologia, apesar de referir-se principalmente aos relevos atuais, alcança sua máxima utilidade na história geológica.

Assim, está evidente que o relevo na superfície das terras emersas resulta de dois conjuntos de forças naturais que constantemente estão atuando um contra o outro. De um lado, o conjunto rochoso da crosta, embora à primeira vista sólido e estável, está submetido às forças internas (processos endógenos) do globo terrestre que são causadores de soerguimentos e falhamentos de blocos das formações continentais. São também responsáveis pela formação de montanhas, a partir do vulcanismo e pelos terremotos de grande magnitude. Essas forças atuam no passar do tempo geológico, concorrendo para estabelecer as características das estruturas geológicas e os aspectos da topografia dos continentes. De outro lado, trabalhando para modificar e destruir as rochas e agindo na criação de diferentes formas de relevo, estão as forças externas, ligadas à ação do calor, das chuvas, dos rios, do gelo, do vento e do mar. Esse segundo conjunto engloba todas as ações naturais capazes de corroer e desgastar a superfície da Terra. São os denominados processos morfogenéticos exógenos.

Nesse sentido, o tempo geológico provê o conjunto de forças atuantes desde a história geológica da Terra, segundo sua formação. É patente que o tempo geomorfológico se insere em apenas uma parcela do tempo geológico, embora conserve características herdadas ao longo da escala geológica do tempo.

2.1

A ESTRUTURA DO RELEVO E OS PROCESSOS ENDÓGENOS

A relação entre formas de relevo e estruturas geológicas constitui o campo de estudo da geomorfologia estrutural. A estrutura geológica expressa a natureza da rocha e a disposição das camadas. As formas estruturais expressam a estrutura local de maneira mais ou menos evidente, isto é, dependem também do grau de erosão.

O fenômeno ou processo geológico que se realiza no interior da Terra denomina-se endógeno. Os agentes geológicos endógenos referem-se à interação de forças internas da Terra, tais como o aquecimento provocado por radioatividade, as variações de pressão e de temperatura provocadas por reações e recristalizações minerais para fases minerais mais ou menos densas com emissão ou absorção de calor o que leva a desequilíbrios densitométricos e poderosas movimentações de massas rochosas, magmas e fluidos no interior da Terra.

São exemplos de processos endógenos a formação de magma e sua intrusão dando origem a rochas plutônicas e hipabissais: o tectonismo, os dobramentos, os falhamentos, o metamorfismo em áreas orogênicas. Também são exemplos a subducção, através da geração de abalos sísmicos (terremotos), soerguimentos e abatimentos da crosta.

O relevo da Terra está em constante mudança, mas não percebemos porque essas mudanças, em geral, ocorrem muito lentamente. Elas não ocorrem no tempo de uma vida humana, mas em milhares ou milhões de anos, no que é chamado tempo geológico.

A transformação do relevo depende, portanto, de dois processos: endógenos e exógenos. Os processos endógenos como já exemplificado, são os fenômenos que ocorrem no interior da Terra, com movimentos de subida, afundamento e dobramento de parte da crosta, que causam modificações na superfície terrestre. Os processos exógenos são fenômenos externos que modelam a superfície da Terra e desgastam lentamente o que as forças internas produziram. Esses últimos, têm origem na parte externa do planeta e tendem a aplainar ou nivelar as formas do relevo, deixando marcas na paisagem. Essa ação é denominada erosão e é realizada por diferentes agentes.

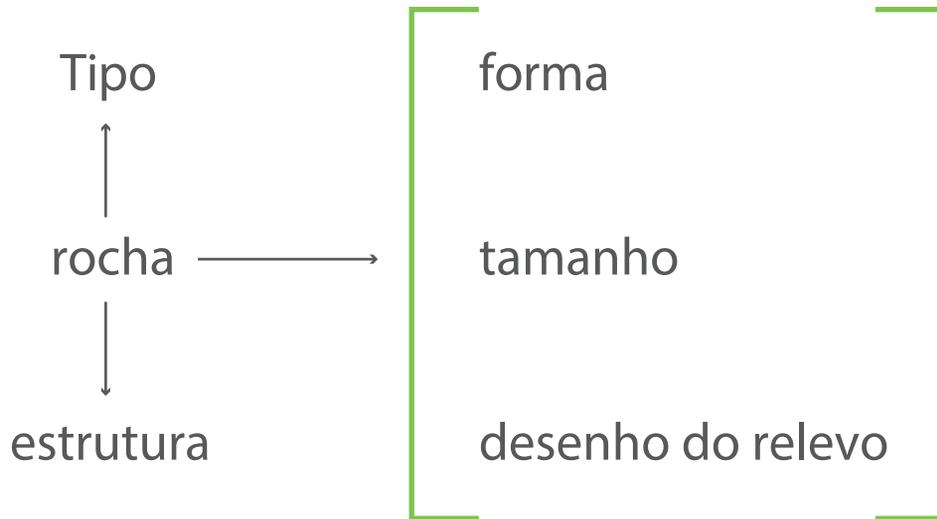
Assim, é possível afirmar que o relevo resulta:

1- da ação da erosão diferencial (desgaste diferenciado em função da natureza da rocha: mais dura mais resistente, mais branda menos resistente aos processos de erosão e intemperismo);

2- da tectônica (provoca o surgimento de estruturas derivadas e deformadas).

Nesse sentido, é possível afirmar que a importância das rochas para a geomorfologia estrutural consiste que delas resulta a forma, o tamanho e a evolução do relevo. As figuras 3, 4 e 5 ilustram essa assertiva.

FIGURA 3 – Importância das rochas (tipo e estrutura) para a evolução do relevo.



FONTE: ADAPTADO DE PENTEADO (1978).

As rochas em seus diferentes tipos, como ígneas, metamórficas e sedimentares, oferecem heterogeneidade quanto à composição do relevo. Também, face às estruturas, influenciam na evolução do relevo.

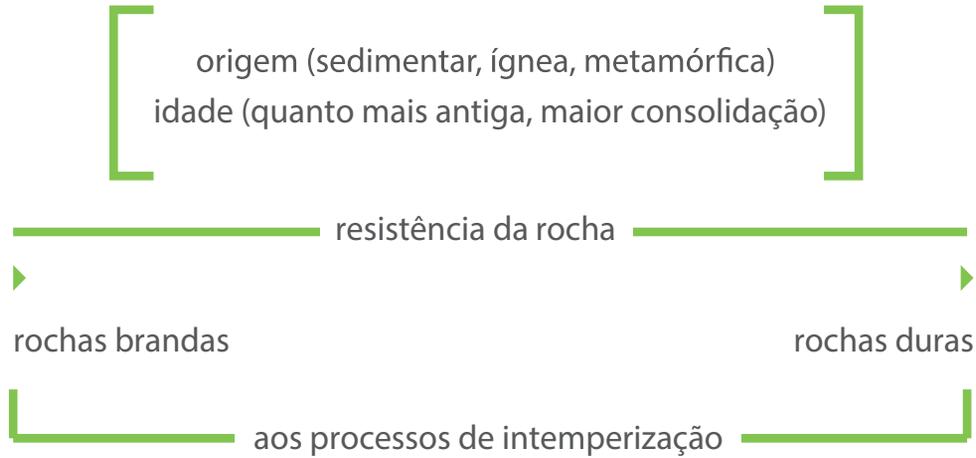
FIGURA 4 – Importância das rochas quanto à forma, o tamanho e a evolução do relevo.



FONTE: ADAPTADO DE PENTEADO (1978).

Ao se considerar que as rochas apresentam graus variados de resistência em razão da sua origem, expõe-se que, além da origem, é importante também considerar a idade geológica para a gênese do relevo. O grau de resistência da rocha vai depender do tipo de rocha, ou seja, a rocha quanto mais antiga mais consolidada.

FIGURA 5 – Importância da origem e idade geológica das rochas na evolução do relevo



FONTE: ADAPTADO DE PENTEADO (1978).

Os fatores estruturais do relevo podem ser, de forma bastante sintética, agrupados em duas grandes categorias: fatores tectônicos e fatores litológicos.

Os fatores tectônicos representam as forças tectônicas, de condição endógena, que construíram o relevo por meio de deformação da litomassa. Provocam grandes dobramentos, falhamentos, subsidências e basculamentos. Para entender esses fatores, é preciso considerar os grandes traços da teoria da Tectônica de Placas, um dos mais importantes paradigmas da moderna Geologia.

Para o paradigma da teoria da Tectônica de Placas, a litosfera acha-se subdivida em partes que se movimentam entre si, denominadas placas litosféricas. As zonas de interação entre as placas litosféricas definem-se pela convergência litosférica, divergência litosféricas e falhas de transformação.

As zonas de convergência são as áreas onde ocorre a colisão entre as placas. Nestas áreas, surgem morfoestruturas do tipo trincheira oceânica, ou os sistemas denominados como orogenéticos. As zonas de divergência são aquelas em cujos limites ocorrem a separação de placas litosféricas. Nessas áreas, surgem as morfoestruturas chamadas dorsais oceânicas, como por exemplo, a Dorsal do Mesoatlântica.

As zonas de falha de transformação configuram os limites ao longo dos quais as placas "deslizam". No Oeste dos Estados Unidos, a falha de Santo André é um exemplo desse limite de placas litosféricas.

Também é importante destacar que os eventos tectônicos influenciam de forma significativa os processos de sedimentação. Mecanismos esses que são muito importantes para a investigação morfoestrutural das paisagens geomorfológicas. Nesse sentido, ainda merece se destacado que muitas das condições litológicas apresentadas vêm a ser resultados da maior ou menor resistência dos corpos rochosos aos mecanismos de erosão, conforme foi anteriormente assinalado.

2.2

AS PROPRIEDADES GEOMORFOLÓGICAS DAS ROCHAS

O comportamento de uma estrutura em relação à erosão depende da natureza das rochas (propriedades físicas e químicas) sob a ação de diferentes meios morfoclimáticos. As rochas são submetidas a várias formas de erosão: pelas águas correntes (erosão linear ou incisão vertical); erosão mecânica, sob variações de temperatura; decomposição química por dissolução. As propriedades das rochas influem no modo de escoamento superficial, na desagregação mecânica e na decomposição química.

Nesse sentido, características relacionadas à coesão, plasticidade e a permeabilidade, influenciam no escoamento superficial; o tamanho dos grãos e a maciçade, influem na desagregação; a heterogeneidade e a solubilidade, influem na decomposição.

2.2.1 Coesão

Define-se como coesão o grau de união entre os grãos. Deve-se considerar, para que haja união, tenha cimento. Também o grau de união depende do cimento. O cimento silicoso oferece maior resistência aos processos de intemperismo, enquanto o cimento calcário apresenta menor resistência, ou seja, possibilita dissolução se colocado em clima úmido. A resistência também depende da quantidade do cimento, ou seja, quanto mais cimento, mais coesão irá apresentar a rocha. Assim, a coesão de uma rocha sedimentar varia com o grau de cimentação e a natureza do cimento.

O grau de coesão influencia diretamente a velocidade da incisão linear em canais fluviais e é, ainda, responsável pelo trabalho de desobstrução. As rochas que contêm pequena ou ausência de coesão, consideradas móveis, apresentam elementos dissociados, sem cimento, como a areia. Outras, como o calcário e o arenito, têm os seus elementos ligados por cimento e resistem melhor ao escoamento superficial. A natureza, ou tipo, do cimento influenciam conforme o seu grau de solubilidade. Ou seja, uma rocha de cimento calcário é atacada mais rapidamente do que outra de cimento silicoso. Nas rochas cristalinas o grau de coesão ou compacidade depende da maior ou da menor porosidade e do tamanho do grão, por elas apresentadas. Portanto, está no grau de coesão uma explicação para a desigualdade do trabalho de erosão vertical e lateral que acontece nos vales e canais fluviais. Nesse sentido, as rochas coerentes resistem mais aos processos areolares, e o cavamento vertical sobressai.

Do ponto de vista geomorfológico, pode-se dizer que uma rocha coerente ou compacta oferece maior resistência ao escoamento superficial. Assim, essas rochas coerentes, provocam aprofundamento dos vales e tem como consequência a formação de vales estreitos e encaixados.

Por outro lado, as rochas não coerentes ou não compactas, têm como característica básica uma menor resistência ao escoamento superficial. Como consequência, promovem rápida evolução das vertentes, ou seja, um modelado rápido das vertentes, resultando em vales não muito profundos.

2.2.2 Permeabilidade

A permeabilidade se caracteriza pela comunicabilidade entre os poros. O grau de permeabilidade é importante elemento do escoamento. Portanto, a permeabilidade depende da comunicabilidade dos poros da rocha, da existência de juntas, fraturas, fissuras e do grau de solubilidade. Por exemplo, arenitos, basaltos e calcários são permeáveis graças a rede de diaclasamento que podem apresentar.

A rocha permeável é uma rocha resistente ao escoamento superficial. Ou seja, quanto maior a permeabilidade, maior é a resistência ao escoamento superficial, e quanto menor a permeabilidade, menor é a resistência ao escoamento superficial. A permeabilidade das rochas tende a diminuir o escoamento superficial, e a impermeabilidade, a aumentar. A oposição fundamental entre relevo de argilas e relevo de calcário ilustra bem a influência decisiva desse fator.

2.2.3 Plasticidade

A plasticidade é a propriedade que uma rocha tem de se deixar dobrar, moldar. É a capacidade que a rocha tem de ser moldada. Nesse sentido, de um lado, o grau de plasticidade de uma rocha facilita a incisão linear rápida dos canais; de outro, dificulta a infiltração, aumentando o escoamento superficial e, portanto, promove uma evolução rápida das vertentes sob escoamento concentrado ou difuso. Considerar-se também, que as rochas plásticas são sujeitas a escorregamentos. Um bom exemplo é dado pela família das argilas.

A rocha plástica tem pouca resistência ao escoamento superficial, como consequência geomorfológica ocorre uma incisão rápida dos canais com o predomínio da erosão linear nos talwegues, um grande número de canais originando uma alta densidade da drenagem, uma evolução rápida das vertentes e áreas suscetíveis a escorregamentos. A maior impermeabilidade de uma rocha oferece, portanto, como consequência, uma alta densidade da drenagem. Quando se tem alta permeabilidade, tem-se, em face dessa propriedade, uma baixa densidade da rede de drenagem.

2.2.4 Macividade

A macividade significa ausência ou inexistência de planos de descontinuidade na rocha, como fissuras, juntas, fraturas, planos de acamamento, xistosidade e clivagem. A macividade interfere na desagregação da rocha. Quanto maior a macividade, maior será a resistência à desagregação oferecida pela rocha.

O grau de macidez de uma rocha não deve ser confundido com o grau de coesão. Nesse sentido, coloca-se como exemplo uma rocha calcária, que é muito coerente, mas pouco maciça devido à rede de diáclases. Portanto, é importante não confundir estrutura maciça, como a apresentada em batólitos granítico-gnáissicos, e a maci-

vidade de uma rocha, que se define pela ausência dos planos de descontinuidade.

Ao se considerar as rochas sedimentares, pondera-se que elas podem abranger três tipos de planos de descontinuidade:

1- planos de sedimentação ou estratificação, que reproduzem as fases dos depósitos. Quando muito repetidos são chamados de xistosidade.

2- planos de clivagem, distintos do primeiro pela gênese. Correspondem a esforços de compressão sofridos pelas camadas sedimentares.

3- planos de diáclases, comuns nos calcários e arenitos. Aparecem como redes ortogonais, constituindo fissuras perpendiculares aos planos de sedimentação. As diáclases são geradas sob efeito de compressão ou esforço de pressão. Porém existem rochas calcárias e areníticas em regiões de estruturas calmas. Esse fato talvez possa ser explicado pela desidratação lenta a qual foi submetido o pacote rochoso que deu origem a essas rochas. Nas rochas cristalinas, também existem planos de clivagem e de diáclases e são comuns em granitos equigranulares e pórfiros.

Nas rochas, os planos de descontinuidade favorecem a desagregação mecânica, porque constituem zonas de percolação de água. A penetração da água permite a lubrificação da superfície de contato entre os planos de descontinuidade, promovendo escorregamentos, permitindo o congelamento quando submetidas a climas das zonas frias da Terra, possibilitando a expansão e o quebraimento segundo os planos de xistosidade e diáclases; quebraimento e o destacamento de placas sob variações térmicas. Nesse sentido, facilita o intemperismo físico, preparando a rocha ao ataque químico.

2.2.5 Tamanho dos grãos

As rochas constituídas por grãos finos, com textura afanítica, como basalto e granófiros, por exemplo, ou textura vítrea como obsidianas, oferecem maior resistência à desagregação e à decomposição. Por outro lado, rochas de grãos grósseos, oferecem menor resistência à decomposição e desagregação. Isso se deve principalmente pela heterogeneidade entre os grãos, aumentando o plano de clivagem, o que facilita a desagregação. Portanto, as rochas de granulação fina resistem melhor à decomposição do que as de grãos grósseos. Nesse sentido, os granitos pórfiros resistem menos que os aplitos, desagregando-se em areia granítica.

Deve-se considerar que ataque mecânico não é o único que se faz presente nas rochas com texturas granulares, mas a erosão química também é um fator importante. Algumas propriedades das rochas têm ação direta sobre a decomposição química. Esta se processa sob ação da água que transporta em solução os elementos solúveis da rocha. A decomposição química supõe a existência de planos de descontinuidade que facilitem a percolação das águas. Nesse sentido, pode-se considerar uma rocha calcária, que é uma rocha solúvel, e se não apresentasse uma rede de fissuramento não sofreria ação de dissolução, a não ser muito superficialmente, gerando microformas de lapiez, por exemplo. Além do papel primordial do fissuramento, a decomposição química numa rocha é função do grau de solubilidade da rocha e de seu grau de heterogeneidade.

2.2.6 Solubilidade

A solubilidade é a propriedade pela qual as rochas, ao sofrerem a ação da água, tornam-se solúveis. Essa propriedade interfere na decomposição das rochas. A solubilidade é variável e depende basicamente da composição química da rocha.

Em relação à essa propriedade é importante considerar que quanto maior for a solubilidade apresentada por uma rocha, mais rapidamente ela vai se decompor. O grau de solubilidade dos elementos componentes de uma rocha é variável e depende da natureza química dos minerais constituintes, dos grãos e do cimento. Considera-se, como exemplo, os arenitos de cimento silicoso, que resistem bem mais à erosão química do que xistos ou rochas carbonatadas. Também é importante observar que o grau de solubilidade do sal gema e do gipso, por exemplo, facilitam a percolação da água.

2.2.7 Heterogeneidade

A heterogeneidade de uma rocha supõe a sua variedade de composição mineralógica. Quanto mais heterogênea for a rocha, maiores serão os reflexos na sua decomposição. As rochas heterogêneas apresentam diferentes velocidades de decomposição dos minerais constituintes, isso significa que alguns minerais se decompõem mais rápido, outros mais lentamente, decompondo uns e desagregando os outros mais resistentes. Portanto, pode-se afirmar que existe uma relação no sentido de quanto mais heterogênea uma rocha for e também maior o tamanho dos grãos, mais rápida será a decomposição e desagregação. Assim, o grau de heterogeneidade determina a velocidade do ataque químico sofrido pela rocha. Uma rocha homogênea resiste melhor do que uma heterogênea, porque esta última contém elementos de solubilidade diferente. O ataque aos minerais mais solúveis, permite a desagregação dos outros minerais mais estáveis, rompendo-se a coesão da rocha. Por exemplo, um quartzito de composição silicosa homogênea, equigranular e cimentado com cimento silicoso é um tipo de rocha que resiste bem ao ataque químico. Rochas como os granitos resistem menos e, entre quartzitos, funcionam como rochas tenras por causa da sua heterogeneidade. Eles constituem-se de cristais de quartzo de fraca solubilidade, ao lado de cristais de feldspato (silicatos de alumínio) mais solúveis e cristais micáceos (silicatos mais pesados) dos quais a biotita é mais solúvel. Daí a facilidade do ataque aos granitos especialmente sob certas condições de clima, constituindo-se a areia, rica em grãos de quartzo, liberados pela dissolução dos outros elementos formadores.

Dessa análise se conclui que se pode contar sete propriedades das rochas: coesão, plasticidade, macidez, tamanho dos grãos, permeabilidade, solubilidade e heterogeneidade de constituintes minerais. Conforme o comportamento das rochas face à erosão se podem classificar os principais tipos de rochas que compõem o relevo da Terra. Nesse sentido, as rochas cristalinas, especialmente os granitos, são coerentes bastante impermeáveis, não plásticas, mas possuem planos de descontinuidade e são heterogêneas. O tamanho dos grãos nessas rochas cristalinas é variável, o que ajuda a explicar comportamentos morfológicos diferentes de relevos que evoluem sob o controle dessas rochas. As rochas classificadas como arenitos podem se asse-

melhar aos granitos em certos traços, mas como rochas sedimentares, apresentam, além dos planos de diaclasamento, planos de estratificação. São relativamente homogêneas, mas, quando não ou pouco silicificadas em alto grau, são permeáveis. As rochas calcárias são coerentes, pouco plásticas e homogêneas. Distinguem-se pela permeabilidade em função do fissuramento e da solubilidade que apresentam. As rochas argilosas, xistosas e as rochas com textura predominantemente arenosa apresentam em comum uma fraca resistência à erosão por escoamento superficial: as argilas e os xistos têm grande plasticidade, embora nos últimos, essa erosão seja mais acentuada pelos seus característicos planos de xistosidade, porém são quase imunes à decomposição química. Também a grande permeabilidade das rochas com textura arenosa como os arenitos os tornam resistentes à erosão, especialmente à química. Os xistos e as argilas impermeáveis são mais suscetíveis à erosão mecânica.

Portanto, a partir das considerações podem-se distinguir três categorias dentre esses quatro grupos de rochas:

1- as que oferecem grande resistência, salvo certas condições climáticas, à desagregação por escoamento superficial (rochas cristalinas e arenitos);

2- as que, devido à plasticidade ou à fraca coesão, são mais sujeitas ao ataque pelo escoamento: argila, xistos e areias;

3- rochas que pela permeabilidade são mais imunes à erosão pelas águas correntes superficiais, mas que dão um modelado explicado pela decomposição química: calcários.

Uma análise em separado dessas propriedades geomorfológicas oferecida pelas rochas não satisfaz, em face de que rochas semelhantes podem originar formas distintas no relevo sob condições de climas diferentes. Uma grande diversidade de formas se distingue, por exemplo, no modelado granítico-gnáissico dos “pães-de-açúcar” do Brasil, nos cumes cheios de arestas dos países mediterrâneos ou no relevo granítico glaciário da Noruega.

2.3

O MODELADO DO RELEVO E OS PROCESSOS EXÓGENOS

Os processos exógenos que acontecem na superfície da crosta terrestre e modelam a diversidade de formas, ou seja, que são os responsáveis pela esculturação do relevo, desencadeiam-se pelos agentes morfogenéticos exógenos e referem-se à interação de forças da natureza, envolvendo a atmosfera, hidrosfera e a superfície terrestre com forte atuação da energia emitida pelo sol e pela força da gravidade.

Podem ser destacados, como exemplos de processos exógenos, as avalanches, o intemperismo das rochas, a erosão e o transporte de sedimentos, a denudação de cadeias montanhosas, a ablação constituída pelo mecanismo geológico de degelo de neve das geleiras por liquefação ou sublimação, a corrosão ou abrasão pelo processo eólico de desagregação física e da erosão de rochas por meio, principalmente, do impacto e do atrito de partículas e fragmentos transportados pelo vento ou pela ação das águas fluviais ou de marés ou ainda pelo gelo em áreas de geleira.

2.3.1 O Intemperismo físico, químico, biológico e a pedogênese

As rochas, quando submetidas ao processo de meteorização, intemperizam-se sob ação de três tipos de intemperismo: químico, mecânico ou físico, e o biológico. O intemperismo químico é também conhecido como decomposição. Representa a quebra da estrutura química dos minerais originais que compõem as rochas. O intemperismo físico ou mecânico, responsável pela desintegração da rocha, envolve processos que conduzem à desagregação, sem que haja necessariamente alteração química maior dos minerais constituintes. O intemperismo biológico, por sua vez, refere-se a ações comandadas por espécies animais e vegetais, que se manifestam de forma mecânica e química sobre a rocha. Todos têm participação expressiva no processo pedogenético. No intemperismo químico, as rochas são intemperizadas quimicamente por uma grande diversidade de reações. Dentre os tipos mais comuns de intemperismo químico estão a dissolução, a hidratação, a hidrólise, a carbonatação, a oxidação e redução, solução. O intemperismo físico ou mecânico, embora associado a processos que independem da presença da água, pode contribuir para o desenvolvimento do intemperismo químico. Dentre as principais formas de intemperismo físico, destacam-se a abrasão, descompressão, expansão e contração térmica, congelamento-degelo e a cristalização de sais. O intemperismo biológico está relacionado aos organismos vivos que contribuem direta e, principalmente, indiretamente, para o processo de intemperização. Dentre os diferentes processos evidenciados, destacam-se os efeitos físicos e químicos associados aos animais e plantas.

A pedogênese é o processo de transformação das rochas em solo. Ocorre quando

as modificações causadas nas rochas pelo intemperismo, além de serem químicas e mineralógicas, são sobretudo estruturais, com importante reorganização e transferência de minerais formadores do solo, principalmente argilo-minerais e óxi-hidróxidos de ferro e alumínio, entre os níveis superiores do manto de alteração.

O clima controla os processos de intemperismo através das temperaturas e das precipitações e, indiretamente, através da cobertura vegetal. O resultado da atuação desses fatores é o desenvolvimento dos solos. Portanto, os solos resultam da transformação das rochas sob ação dos agentes meteóricos e dos seres vivos no transcurso do tempo.

ATIVIDADE – UNIDADE 2

1 - Em relação à teoria da tectônica de placas, descreva-a e destaque a consequência ocorrida nas zonas de convergência e divergência entre as placas tectônicas.

2 - Elaborar um texto sobre os diferentes tipos de intemperismo (físico, químico e biológico), destacando os processos em cada um deles. Destacar a importância do intemperismo para a pedogênese e a evolução dos solos sob diferentes sistemas morfoclimáticos.

3 - Ao se considerar que as rochas são submetidas a várias formas de erosão: 1- pelas águas correntes superficiais (erosão linear ou incisão vertical); 2- erosão mecânica, sob variações de temperatura; e 3- decomposição química por dissolução, estabeleça cenários relativos à evolução morfogenética frente às propriedades geomorfológicas das rochas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se considerar uma definição para geomorfologia como sendo o estudo das formas de relevo e, para relevo, como a diversidade de formas da superfície da crosta terrestre, deve-se ter em mente que para atingir plenamente o conhecimento do que são as formas de relevo, necessita-se compreender e explicar como elas surgem e evoluem. Se faz necessário compreender também que elas são identificadas em diferentes escalas de tempo e espaço. Ou seja, necessário se faz, portanto, considerar os processos responsáveis pelas ações que são capazes de criar ou destruir formas de relevo, de modificá-las ou mantê-las preservadas, de ampliá-las em suas dimensões ou reduzi-las, fixá-las num local ou de deslocá-las, modelá-las contínua ou descontinuamente.

A abordagem, o reconhecimento ao conceito e a definição dada à geomorfologia, são fundamentais para que sua compreensão seja plenamente alcançada. Nesse sentido, considera-se também que é primordial a revisão teórica acerca das teorias geomorfológicas e dos sistemas de referência que dão suporte ao estudo da geomorfologia.

As formas e os processos representam a essência da geomorfologia e pode-se distinguir, dentro do universo geomorfológico, os sistemas antecedentes mais importantes para a compreensão das formas de relevo. Essa abordagem, considerando a relação entre os processos e as formas, são essenciais no estudo geomorfológico.

A questão do tempo em geomorfologia também se constitui essencial, pois ao se considerar que as formas ou conjuntos de formas de relevo participam da composição das paisagens em diferentes escalas, ou seja, o relevo, ao ser observado em um curto espaço de tempo, mostra aparência estática; entretanto, está sendo permanentemente trabalhado por processos erosivos ou deposicionais resultantes das diversas condições ambientais na qual esteve ou está inserido. Essas formas de relevo podem transmitir a ideia de que são componentes independentes na paisagem. Contudo, elas e os demais componentes do ambiente, estão interligados proporcionando ações mútuas, que, em maior ou menor intensidade, estão agindo no sentido de criar uma fisionomia que reflete, no todo ou em partes, os ajustes ambientais atingidos. Fica, assim, evidente a importância do conhecimento relativo à morfogênese das vertentes a partir do controle do exercido pela cobertura pedológica e, nesse sentido, qualquer superfície pode ser vista como uma paisagem, como um setor da paisagem, ou como um mosaico de paisagem, e a percepção da paisagem se dá em função de uma escala.

Por fim, é elementar considerar que a evolução da diversidade de formas da superfície da crosta terrestre ocorre por meio de ciclos sucessivos de erosão, transporte, deposição, consolidação e soerguimento, que se repetem eterna e lentamente, além da noção de tempo que pode ser sistematizada a partir de que os processos passados não são visíveis. Nesse sentido, apenas seus efeitos permanecem como provas de sua antiguidade. Nessa perspectiva, a abordagem do tempo em geomorfologia torna-se fundamental e considera-se que as rochas constituem o suporte físico do relevo e delas dependem a forma, o tamanho e a evolução do relevo. Considera-se,

portanto, que os relevos de grandes dimensões estão relacionados à estrutura geológica, ou seja, são as formas de relevos endógenos relacionados com as estruturas, e as pequenas famílias de formas de relevo constituem os relevos esculturais que estão relacionados aos mecanismos exógenos de elaboração do relevo.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. A. de. **Análise geomorfológica: reflexão e aplicação.** 1982. 242 f. Tese de Livre Docência – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

ABREU, A. A. de. A Teoria Geomorfológica e sua Edificação: análise crítica. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 4, n. 1-2, p. 5-23, jan./dez. 1983.

AB'SABER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, 1969.

AB'SABER, A. N. Províncias Geológicas e Domínios Morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 20, 1970.

AB'SABER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, São Paulo, n. 3, 1977.

AB'SABER, A. N. Os mecanismos da desintegração das paisagens tropicais no Pleistoceno. **Inter-Fácies**, São José do Rio Preto, n. 4, 1979.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo.** São Paulo: Contexto, 1994.

CHRISTOFOLETTI, A. As Teorias Geomorfológicas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. 13, n. 25, p. 3-4, jun. 1973.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. Significância da teoria de sistemas em geografia física. **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro, v. 17, n. 22, p. 119-128, 1987.

CRUZ, O. **Estudo dos processos geomorfológicas do escoamento pluvial na área de Caraguatatuba – São Paulo.** 1982. Tese de Livre Docência, Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

MENDONZA, J. G.; JIMÉNEZ, J. M.; CANTERO, N. O. **El pensamiento geografico.** Madrid: Alianza Editorial S.A., 1982.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia.** Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

PORTO, C. G. Intemperismo em regiões tropicais. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

WERLANG, M. K. **Configuração da rede de drenagem e modelado do relevo: Con-
formação da paisagem na zona de transição da bacia do Paraná na Depressão
Central do Rio Grande do Sul.** 2004. 207 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)
- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2004.

APRESENTAÇÃO DO PROFESSOR AUTOR

O autor compilador deste material didático é o geógrafo Mauro Kumpfer Werlang, graduado em 1987 e especialista em interpretação de imagens orbitais e suborbitais em 1990 pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre em geografia humana pela Universidade de São Paulo em 1997 e doutor em ciência do solo pela Universidade Federal de Santa Maria em 2004. Atualmente, é professor associado do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria. Iniciou sua trajetória como professor no ano de 1989 na Universidade Federal de Mato Grosso, Campus de Rondonópolis, onde lecionou, entre outras, a disciplina de geomorfologia para o curso de graduação em geografia. Desde o ano de 1998, atua como docente no ensino de graduação e pós-graduação junto a Universidade Federal de Santa Maria, onde lecionou por diversas vezes a disciplina de geomorfologia e orientou várias pesquisas e trabalhos acadêmicos de alunos de graduação e pós-graduação. Nesse período, escreveu e colaborou na publicação de diversos artigos em periódicos, publicações em anais de encontros, seminários, congressos e simpósios, múltiplas participações nesses eventos, além de outras produções bibliográficas e técnicas. Essa publicação apóia-se em reflexões realizadas durante as aulas ministradas, tanto nas aulas teóricas quanto em práticas de campo, para os cursos de graduação e pós-graduação em geografia.